

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-256617

(43)Date of publication of application : 21.09.2001

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 2000-070028

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 14.03.2000

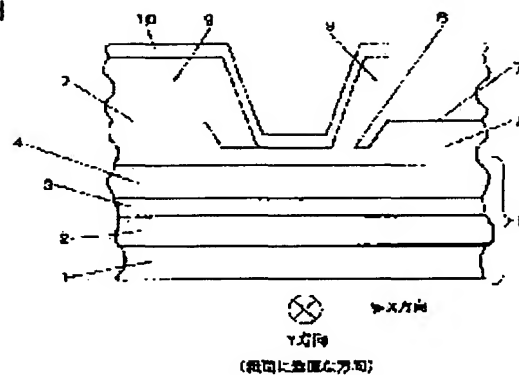
(72)Inventor : SAKAGUCHI MASAYA  
FUKAZAWA TOSHIO

## (54) THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND METHOD OF MANUFACTURE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a thin-film magnetic head having high sensitivity and stable reproducing performance, by supplying stable longitudinal bias and to provide a method for manufacturing the thin-film magnetic head, in a reproducing head having a narrower gap length for the purpose of reproducing a recorded signal of a short wavelength accompanying making of higher recording density.

**SOLUTION:** A connection magnetic field at a part connected with a part having a large film thickness of a bias antiferromagnetic film of a free magnetic layer can be strengthened and a connection magnetic field at a part connected with a part having thin-film thickness of the bias antiferromagnetic film of the free magnetic layer can be weakened by forming the bias antiferromagnetic film having a stepped part by the difference of film thickness on the free magnetic layer formed at the highest part of the magneto resistive element. Thereby, Barkhausen noise can be stably suppressed regardless of the gap length and reproducing sensitivity can be enhanced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]



[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office



Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The magnetoresistance-effect type thin film magnetic head which consists of a vertical bias layer which has a magnetoresistance-effect element through an insulating material, and was prepared in contact with the aforementioned magnetoresistance-effect element between the lower shield layers and up shield layers which are characterized by providing the following, and an electrode lead layer for passing the signal current. The magnetoresistance-effect element which consists of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and a free magnetic layer. The bias antiferromagnetism film which has the 1st flat surface with the level difference by the thickness difference, and the 2nd flat surface.

[Claim 2] The joint magnetic field by antiferromagnetism combination of the portion of the aforementioned free magnetic layer which is in contact with the portion of the aforementioned bias antiferromagnetism film which constitutes the 1st small flat surface of the above of thickness is 8 kA/m. Following (below 100Oe )

The thin film magnetic head according to claim 1 which comes out and is characterized by a certain thing.

[Claim 3] The manufacture method of the thin film magnetic head characterized by providing the following. The 1st process which carries out laminating membrane formation of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic layer, and the free magnetic layer one by one, and forms a magnetoresistance-effect element on a lower gap insulating layer. After forming a bias antiferromagnetism layer membrane so that the aforementioned magnetoresistance-effect element top may be covered, The 2nd process which forms a bias antiferromagnetism film with the level difference which consists of a portion with the small thickness which deletes a part of aforementioned bias antiferromagnetism layer membrane, and has the 1st flat surface, and a large portion of the thickness which has the 2nd flat surface, The 3rd process which deletes a part of electrode lead layer membrane at least, and forms the electrode lead layer of a right-and-left couple so that the aforementioned bias antiferromagnetism film top may be covered, an electrode lead layer membrane may be formed and a part of 1st flat surface [ at least ] of the aforementioned bias antiferromagnetism film may be exposed.

[Claim 4] the 3rd process of a claim 3 — setting — a 1st [ of the aforementioned bias antiferromagnetism film ] flat-surface top — a mushroom — the manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 3 characterized by having the 3rd process which forms a type resist and forms the electrode lead layer of a right-and-left couple on the aforementioned bias antiferromagnetism film

[Claim 5] The 2nd process of a claim 3 and the 3rd process which are characterized by providing the following. The 2nd process which forms a bias antiferromagnetism layer membrane so that the aforementioned free magnetic layer top may be covered. Furthermore, so that a part of aforementioned bias antiferromagnetism layer membrane may be shaved off and it may expose, after forming an electrode lead layer membrane so that a it top may be covered A part of aforementioned electrode lead layer membrane and each aforementioned bias antiferromagnetism layer membrane are deleted. The upper surface of the aforementioned bias antiferromagnetism layer membrane which it was deleted and was exposed The 1st flat surface, The 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple on the 2nd [ of the bias antiferromagnetism film which has a level difference by the thickness difference which makes the upper surface of the aforementioned bias antiferromagnetism layer membrane at the time of membrane formation the 2nd flat surface, and the aforementioned bias antiferromagnetism film ] flat surface.

[Claim 6] The manufacture method of the thin film magnetic head characterized by providing the following. The 1st process which carries out laminating membrane formation of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic layer, and the free magnetic layer one by one, and forms a magnetoresistance-effect element on a lower gap insulating layer. So that the aforementioned free magnetic layer top which constitutes the aforementioned magnetoresistance-effect element may be covered A type resist is formed, the 1st bias antiferromagnetism film — forming membranes — the upper surface of the bias antiferromagnetism film of the above 1st — a mushroom — The upper surface which carried out membrane formation formation of the 2nd bias antiferromagnetism film of a right-and-left couple, and has exposed the bias antiferromagnetism film of the above 1st The 1st flat surface, The upper surface of the bias antiferromagnetism film of the above 2nd is made into the 2nd flat surface, and the thickness of the portion of the 1st flat surface of the above is the thickness of the bias antiferromagnetism film of the above 1st. The 2nd process which forms the bias antiferromagnetism film which whose thickness of the portion of the 2nd flat surface of the above is the sum of the thickness of the bias antiferromagnetism film of the above 1st, and the thickness of the bias antiferromagnetism film of the above 2nd, and has the level difference which has a thickness difference among them, The 3rd process which carries out membrane formation formation of the electrode lead layer of a right-and-left couple on the bias antiferromagnetism film of the above 2nd.

[Claim 7] So that the aforementioned free magnetic layer top which constitutes the aforementioned magnetoresistance-effect element may be covered in the 2nd process of a claim 6 A type resist is formed, the 1st bias antiferromagnetism film — forming membranes — the upper surface of the bias antiferromagnetism film of the above 1st — a mushroom — After cleaning the upper surface of the bias antiferromagnetism film of the above 1st, membrane formation formation of the 2nd bias antiferromagnetism film of a right-and-left couple is carried out. The 1st flat surface and the upper surface of the bias antiferromagnetism film of the above 2nd are made into the 2nd flat surface for the upper surface which has exposed the bias antiferromagnetism film of the above 1st. The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 6 characterized by having the 2nd process which forms a bias antiferromagnetism film with the level difference by the thickness difference between the 1st flat surface of the above, and the 2nd flat surface of the above.

[Claim 8] So that the bias antiferromagnetism film top of the above 2nd of the portion which the bias



antiferromagnetism film of the above 1st exposed, and a right-and-left couple may be covered, after deleting the resist formed at the 2nd process of the above in the 3rd process of a claim 6 So that an electrode lead layer membrane may be formed and some bias antiferromagnetism films [ at least ] of the above 1st may be exposed The manufacture method of the thin film magnetic head given in either the claim 6 characterized by deleting a part of aforementioned electrode lead layer membrane at least, and having the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple, or the claim 7.

[Claim 9] the 1st flat-surface top of the bias antiferromagnetism film of the above 1st after deleting the resist formed at the 2nd process of the above in the 3rd process of a claim 6 — a mushroom — the manufacture method of the thin film magnetic head given in either the claim 6 characterized by having the 3rd process which forms a type resist and forms the electrode lead layer of a right-and-left couple, or the claim 7

[Claim 10] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 3 to 9 characterized by having the 4th process which forms a cap layer so that the portion top which the 1st flat surface of the aforementioned electrode lead layer of the right-and-left couple formed on the aforementioned bias antiferromagnetism film which has a level difference, and the aforementioned bias antiferromagnetism film exposed may be covered.

[Claim 11] The manufacture method of the thin film magnetic head characterized by providing the following. The 1st process which carries out laminating membrane formation of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic layer, and the free magnetic layer one by one, and forms a magnetoresistance-effect element on a lower gap insulating layer. A type resist is formed. the aforementioned free magnetic layer top — a wrap — like — the 1st bias antiferromagnetism film — forming membranes — further — a it top — a wrap — the cap layer top aforementioned after forming a cap layer like — a mushroom — Shave off a part of aforementioned cap layer at least, and membrane formation of the 2nd bias antiferromagnetism film of a right-and-left couple is carried out on it so that the bias antiferromagnetism film of the above 1st may be exposed. The upper surface of the bias antiferromagnetism film of the above 1st which touched the aforementioned cap layer The 1st flat surface, The upper surface of the bias antiferromagnetism film of the above 2nd is made into the 2nd flat surface, and the thickness of the portion of the 1st flat surface of the above is the thickness of the bias antiferromagnetism film of the above 1st. The 2nd process which forms the bias antiferromagnetism film whose thickness of the portion of the 2nd flat surface of the above is the sum of the thickness of the bias antiferromagnetism film of the above 1st, and the thickness of the bias antiferromagnetism film of the above 2nd, and has the level difference which has a thickness difference among them, The 3rd process which carries out membrane formation of the electrode lead layer of a right-and-left couple on the bias antiferromagnetism film of the above 2nd.

[Claim 12] the cap layer top aforementioned after deleting the resist formed at the 2nd process of the above in the 3rd process of a claim 11 — a mushroom — the manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 11 characterized by forming a type resist and having the 3rd process which carries out membrane formation of the electrode lead layer of a right-and-left couple

[Claim 13] After deleting the resist formed at the 2nd process of the above in the 3rd process of a claim 11, so that the aforementioned bias antiferromagnetism film [ of the above 2nd ] and cap layer top may be covered So that an electrode lead layer membrane may be formed and a part of aforementioned cap layer [ at least ] may be exposed Th manufacture method of the thin film magnetic head given in either the claim 11 characterized by deleting a part of aforementioned electrode lead layer membrane at least, and having the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple, or the claim 12.

---

[Translation done.]





Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention is applied to the equipment which performs high-density record and reproduction to magnetic-recording media, such as a magnetic disk unit (HDD equipment), gives the bias magnetic field especially stabilized in the free magnetic layer of a magnetoresistance-effect element, and relates to the high magnetoresistance-effect type thin film magnetic head and its manufacture method of a regeneration efficiency.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, in the record and reproduction to magnetic-recording media, such as a magnetic disk unit (HDD equipment), improvement in processing speed and the need for large-capacity-izing of storage capacity are increasing, and the measure for a raise in recording density is being strengthened.

[0003] Hereafter, the conventional thin film magnetic head is explained using a drawing.

[0004] Drawing 21 and drawing 22 are drawings showing the conventional thin film magnetic head, drawing 21 is a top view schematic diagram and drawing 22 is the transverse-plane \*\*\*\*\* type view of the thin film magnetic head.

[0005] For example, the thin film magnetic head used for the record reproduction to the magnetic-recording medium of the signal in a magnetic disk unit has many which are called so-called MR (GMR) inductive combined head as shown in drawing 21.

[0006] In drawing 21, the nonmagnetic insulating material of aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, AlN, or SiO<sub>2</sub> grade is used on the lower shield layer 211 formed by soft magnetic materials, such as a permalloy, Co system amorphous magnetic film, or Fe system alloy magnetic film, the lower gap insulating layer 212 is formed, and it is a magnetoresistance-effect element (MR element or GMR element) to the upper surface further. Laminating membrane formation of the 213 called GMR element is carried out hereafter, and the vertical bias layer 214 is formed by the right-and-left both-sides edge of the GMR element 213 with material, such as a CoPt alloy. Furthermore, the ridgeline which is a nodal line of the upper surface and the both-sides side of the GMR element 213 to make is touched, material, such as Cu, Cr, or Ta, is used for the upper surface of the vertical bias layer 214, and the electrode lead layer 215 of a right-and-left couple is formed. Here, as the upper surface of the vertical bias layer 214 and the upper surface of a part of GMR element 213 are started, you may form the electrode lead layer 205. Next, the up gap insulating layer 216 is formed on the portion which the electrode lead layer 215 and the GMR element 213 exposed using the same nonmagnetic insulating material as the lower gap insulating layer 212. Furthermore, on the up gap insulating layer 216, membrane formation of the up shield layer 217 is carried out using the same soft magnetic materials as the lower shield layer 211, and the magnetoresistance-effect type thin film magnetic-head section 218 for reproduction is constituted.

[0007] Next, the record gap layer 221 is formed using the same nonmagnetic insulating material as the lower gap insulating layer 212 on the upper surface of the up shield layer 217. Furthermore, the up shield layer 217 is countered through the record gap layer 221. And membrane formation of the up magnetic pole 222 which is in contact with the up shield layer 217 is carried out using soft magnetic materials in other portions. Between the up shield layer 217, the portion which the up magnetic pole 222 has countered, and the portion to which the up magnetic pole 222 is in contact with the up shield layer 217, through the record gap layer 221 The coil coil 223 insulated from the up shield layer 217 and the up magnetic pole 222 through the insulating material (not shown) is formed, and the induction-type thin film magnetic-head section 220 for record is constituted. Here, the up shield layer 217 has the function which combines the shield function of the magnetoresistance-effect type thin film magnetic-head section 218 for reproduction, and the lower magnetic pole function of the induction-type thin film magnetic-head section 220 for record.

[0008] By supplying record current to the coil coil 223, a record magnetic field occurs in the up magnetic pole 222 and the up shield layer 217 of the induction-type thin film magnetic-head section 220 for record, magnetic leakage flux occurs between the up magnetic poles 222 and the up shield layers 217 which counter through the record gap layer 221, and a record signal is recorded on a magnetic-recording medium. Moreover, the magnetic field of the signal recorded on the magnetic-recording medium by which the signal was recorded is reproduced in the magnetoresistance-effect type thin film magnetic-head section 218 for reproduction, and the regenerative signal according to the resistance change by the GMR element 213 is detected from the terminal of the electrode lead layer 215.

[0009] As the transverse-plane \*\*\*\*\* type view near [ in the reproducing-head section of the thin film magnetic head ] the magnetoresistance-effect element is shown in drawing 22 On the lower gap insulating layer 212 formed by the upper surface of the lower shield layer 211 The antiferromagnetism layer 224, FeNi system alloy film which are material, such as a FeMn system alloy film and a PtMn system alloy film Laminating membrane formation of the cap layer 228 made from the non-magnetic layer 226 made from the fixed magnetic layer 225 made from a permalloy, Co, a FeCo alloy film, etc., Cu, etc., the fixed magnetic layer 225 and the free magnetic layer 227 made into the same material, Ta, etc. is carried out one by one. It is shaved off so that it may have the field where the right-and-left both-sides edge inclined at etching processes, such as ion milling, and the GMR element 213 is formed. The right-and-left both-sides end face of the GMR element 213 is touched, the vertical bias layer 214 of a right-and-left couple is formed, and the electrode lead layer 215 of a right-and-left couple is formed on it. Furthermore, on them, the up gap insulating layer 216 is formed, the up shield layer 217 is further formed on it, and the magnetoresistance-effect type thin film head for reproduction is constituted. In order to reproduce the record signal of the short wavelength corresponding to a raise in recording density in recent years, the reproduction head gap length 229 is becoming still smaller.

[0010]



[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the reproducing-head section of the thin film magnetic head of the above-mentioned conventional composition, in order to reproduce the signal recorded on the magnetic-recording medium by short wavelength, it is necessary to make reproduction head gap length small. Reproduction head gap length The distance, i.e., the lower gap insulating layer, from the upper surface of a lower shield layer to the undersurface of an up shield layer. Are the sum of each thickness of a GMR element and an up gap insulating layer, and the vertical bias layer of the right-and-left couple which making this distance small has in the both sides of a GMR element will approach a lower shield layer or an up shield layer. Although the magnetic field of a vertical bias layer becomes easy to escape in a lower shield layer or an up shield layer and a bias magnetic field starts the free magnetic layer near the vertical bias layer of a GMR element In order for a bias magnetic field to become weaker in a part for the center section of a free magnetic layer (a part for the center section of the direction of the width of recording track), and for the direction of magnetization of a free magnetic layer to become unstable, and not to obtain the regenerative signal which the noise increased and was stabilized but to obtain the stable regenerative signal Although magnetization of a free magnetic layer was stabilized and the Barkhausen noise was suppressed when the cure which strengthens a vertical bias magnetic field was performed, sensitivity fell, and the direction of magnetization of a fixed magnetic layer also inclined greatly, and had the technical problem that symmetric property got worse.

[0011] this invention solves the above-mentioned technical problem, adds the vertical bias stabilized in the free magnetic layer by the joint magnetic field combined with the antiferromagnetism film which has the level difference from which the thickness formed on the free magnetic layer of a GMR element differs in antiferromagnetism, stabilizes the direction of magnetization of a free magnetic layer, suppresses generating of a Barkhausen noise, and aims at offering the good magnetoresistance-effect type thin film magnetic head and its manufacture method of reproducibility ability.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In order to attain this purpose, the thin film magnetic head of this invention has the composition it was made to consist of a magnetoresistance-effect element which consists of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and a free magnetic layer, and a bias antiferromagnetism film which has the 1st flat surface with the level difference by the thickness difference, and the 2nd flat surface. moreover, joint magnetic field by antiferromagnetism combination of the portion of the free magnetic layer which is in contact with the portion of the bias antiferromagnetism film with which the thin film magnetic head of this invention constitutes the 1st flat surface with small thickness 8 or less (below 1000e ) kA/m it is — having made — it has composition

[0013] By this composition, a bias magnetic field strong against a portion (portions other than the width-of-recording-track portion of a free magnetic layer) to fix the magnetization direction to very strongly is applied. On the other hand, although a bias magnetic field must be applied in order to suppress a Barkhausen noise It becomes possible [ controlling by thickness of the antiferromagnetism film of each portion easily ] to apply the optimal bias magnetic field for a portion (width-of-recording-track portion of a free magnetic layer) not to apply a not much strong magnetic field, since reproduction sensitivity will fall if a strong magnetic field is applied. that is, to the free magnetic layer which is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 2nd big flat surface of thickness The joint magnetic field by strong antiferromagnetism combination is acquired, and the direction of the magnetization becomes what was stabilized very much. The sake, Even if the joint magnetic field by antiferromagnetism combination of the portion of the free magnetic layer which is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 1st small flat surface of thickness is small Become easy to be suitable in the direction of magnetization of the free magnetic layer which was stabilized and is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 2nd big flat surface of thickness, and the direction of the same magnetization. Moreover, since the antiferromagnetism joint magnetic field of the portion of the free magnetic layer which is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 1st small flat surface of thickness is small, By the external magnetic field, i.e., the magnetic field from a magnetic-recording medium, the direction of the magnetization becomes easy to change, there can be little generating of a Barkhausen noise, reproduction sensitivity can be high, and reproducibility ability can be stabilized. moreover, since there is no influence which is not concerned with gap length, but has the same effect, and this bias magnetic field has on a fixed magnetic layer in order to apply a bias magnetic field by the joint magnetic field with an antiferromagnetism film and the inclination of magnetization of the fixed magnetic layer by it is not produced, either, degradation of the symmetric property of an output wave is suppressed Moreover, by choosing the thickness of the antiferromagnetism film of the portion of the first flat surface the optimal, the joint magnetic field of an antiferromagnetism film and a free magnetic layer can be stabilized and given to the strength of 8 or less kA/m, and improvement in reproducibility ability can be aimed at.

[0014] Moreover, the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention So that the 1st process which carries out laminating membrane formation of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic layer, and the free magnetic layer one by one, and forms a magnetoresistance-effect element on a lower gap insulating layer, and a magnetoresistance-effect element top may be covered The 2nd process which forms a bias antiferromagnetism film with the level difference which consists of a portion with the small thickness which deletes a part of bias antiferromagnetism layer membrane, and has the 1st flat surface after forming a bias antiferromagnetism layer membrane, and a large portion of the thickness which has the 2nd flat surface, A part of electrode lead layer membrane is deleted at least, and it has the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple so that a bias antiferromagnetism film top may be covered, an electrode lead layer membrane may be formed and a part of 1st flat surface [ at least ] of a bias antiferromagnetism film may be exposed. moreover, the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention — a 1st [ of a bias antiferromagnetism film ] flat-surface top — a mushroom — it has the 3rd process which forms a type resist and forms the electrode lead layer of a right-and-left couple on a bias antiferromagnetism film Moreover, th manufacture method of the thin film magnetic head of this invention Further with the 2nd process which forms a bias antiferromagnetism layer membrane so that a it top may be covered so that a free magnetic layer top may be covered So that a part of bias antiferromagnetism layer membrane may be shaved off and it may expose, after forming an electrode lead layer membrane A part of electrode lead layer membrane and each bias antiferromagnetism layer membrane are deleted. The upper surface of the bias antiferromagnetism layer membrane which it was deleted and was exposed The 1st flat surface, It has the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple on the 2nd [ of the bias antiferromagnetism film which has a level difference by the thickness difference which makes the upper surface of the bias antiferromagnetism layer membrane at the time of membrane formation the 2nd flat surface, and a bias antiferromagnetism film ] flat surface.



Moreover, the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention So that the 1st process [ which carries out laminating membrane formation of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic layer, and the free magnetic layer one by one, and forms a magnetoresistance-effect element on a lower gap insulating layer ], and free magnetic layer top which constitutes a magnetoresistance-effect element may be covered A type resist is formed. the 1st bias antiferromagnetism film — forming membranes — the upper surface of the 1st bias antiferromagnetism film — a mushroom — The upper surface which carried out membrane formation of the 2nd bias antiferromagnetism film of a right-and-left couple, and has exposed the 1st bias antiferromagnetism film The 1st flat surface, The upper surface of the 2nd bias antiferromagnetism film is made into the 2nd flat surface, and the thickness of the portion of the 1st flat surface is the thickness of the 1st bias antiferromagnetism film. The 2nd process which forms the bias antiferromagnetism film which whose thickness of the portion of the 2nd flat surface is the sum of the thickness of the 1st bias antiferromagnetism film, and the thickness of the 2nd bias antiferromagnetism film, and has the level difference which has a thickness difference among them, On the 2nd bias antiferromagnetism film, it has the 3rd process which carries out membrane formation of the electrode lead layer of a right-and-left couple. Moreover, the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention A type resist is formed. the aforementioned free magnetic layer top which constitutes a magnetoresistance-effect element — a wrap — like — the 1st bias antiferromagnetism film — forming membranes — the upper surface of the 1st bias antiferromagnetism film — a mushroom — After cleaning the upper surface of the 1st bias antiferromagnetism film, membrane formation of the 2nd bias antiferromagnetism film of a right-and-left couple is carried out. The 1st flat surface and the upper surface of the 2nd bias antiferromagnetism film are made into the 2nd flat surface for the upper surface which has exposed the 1st bias antiferromagnetism film, and it has the 2nd process which forms a bias antiferromagnetism film with the level difference by the thickness difference between the 1st flat surface and the 2nd flat surface. Moreover, the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention So that the 2nd bias antiferromagnetism film top of the portion which the 1st bias antiferromagnetism film exposed, and a right-and-left couple may be covered, after deleting the resist formed at the 2nd process of the above A part of electrode lead layer membrane is deleted at least, and it has the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple so that an electrode lead layer membrane may be formed and a part of 1st bias antiferromagnetism film [ at least ] may be exposed. moreover, the 1st flat-surface top of the 1st [ after the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention deletes the resist formed at the 2nd process ] bias antiferromagnetism film — a mushroom — it has the 3rd process which forms a type resist and forms the electrode lead layer of a right-and-left couple Moreover, the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention has the 4th process which forms a cap layer so that the portion top which the 1st flat surface of the electrode lead layer of the right-and-left couple formed on the bias antiferromagnetism film which has a level difference, and a bias antiferromagnetism film exposed may be covered. Moreover, the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention On a lower gap insulating layer, laminating membrane formation of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic layer, and the free magnetic layer is carried out one by one. A type resist is formed. the 1st process which forms a magnetoresistance-effect element, and a free magnetic layer top — a wrap — like — the 1st bias antiferromagnetism film — forming membranes — further — a it top — a wrap — the cap layer top after forming a cap layer like — a mushroom — Shave off a part of cap layer at least, and membrane formation of the 2nd bias antiferromagnetism film of a right-and-left couple is carried out on it so that the 1st bias antiferromagnetism film may be exposed. The upper surface of the 1st bias antiferromagnetism film which touched the cap layer The 1st flat surface, The upper surface of the 2nd bias antiferromagnetism film is made into the 2nd flat surface, and the thickness of the portion of the 1st flat surface is the thickness of the 1st bias antiferromagnetism film. The 2nd process which forms the bias antiferromagnetism film which whose thickness of the portion of the 2nd flat surface is the sum of the thickness of the 1st bias antiferromagnetism film, and the thickness of the 2nd bias antiferromagnetism film, and has the level difference which has a thickness difference among them, On the 2nd bias antiferromagnetism film, it has th 3rd process which carries out membrane formation of the electrode lead layer of a right-and-left couple. moreover, the cap layer top after the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention deletes th resist formed at the 2nd process — a mushroom — a type resist is formed and it has the 3rd process which carries out membrane formation of the electrode lead layer of a right-and-left couple Moreover, after the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention deletes the resist formed at the 2nd process, it deletes a part of electrode lead layer membrane at least, and has the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple so that a 2nd bias antiferromagnetism film and cap layer top may be covered, an electrode lead layer membrane may be formed and a part of cap layer [ at least ] may be exposed.

[0015] By forming the antiferromagnetism film which has a level difference by the thickness difference by this method on a free magnetic layer A bias magnetic field strong against a portion (portions other than the width-of-recording-track portion of a free magnetic layer) to fix the magnetization direction to very strongly is applied. On the other hand, although a bias magnetic field must be applied in order to suppress a Barkhausen noise Applying the optimal bias magnetic field for a portion (the direction center section of the width of recording track of the free magnetic layer) not applying a not much strong magnetic field, since reproduction sensitivity will fall if a strong magnetic field is applied The magnetoresistance-effect type thin film magnetic head which can be easily controlled by thickness of the antiferromagnetism film of each portion is producible. That is, although the free magnetic layer which is in contact with the big portion of thickness on either side was combined by the joint magnetic field by very strong antiferromagnetism combination, the free magnetic layer is [ near the head truck section / on the other hand ] in contact with the small antiferromagnetism film of thickness and it is combined by the comparatively small antiferromagnetism joint magnetic field The direction of the magnetization will be turned to in the same direction as the big antiferromagnetism film of thickness, and the direction of the magnetization of a free magnetic layer which has the joint magnetic field by strong antiferromagnetism combination. The direction of the magnetization stabilized very much is obtained, and the magnetoresistance-effect type thin film head of high reproducibility ability with high reproduction sensitivity with few noises can be produced. Furthermore, on the 1st antiferromagnetism film with which the upper surface was cleaned, since membrane formation of the 2nd antiferromagnetism film is carried out, between the 1st antiferromagnetism film and the 2nd antiferromagnetism film, very good adhesion and a magnetic combination are stabilized, and are obtained, and the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head by which the direction of magnetization of a free magnetic layer was stabilized very much can be produced. Moreover, by forming a cap layer, oxidation on the upper surface of an antiferromagnetism film can be prevented, corrosion resistance can also improve, and property degradation by them can produce the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head which was



excellent in few reproducibility ability.

[0016]

[Embodiments of the Invention] The vertical bias layer which invention of this invention according to claim 1 has a magnetoresistance-effect element through an insulating material between a lower shield layer and an up shield layer, and was prepared in contact with the aforementioned magnetoresistance-effect element. In the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head which consists of an electrode lead layer for passing the signal current. The magnetoresistance-effect element which consists of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and a free magnetic layer. It is characterized by having the composition which consists of a bias antiferromagnetism film which has the 1st flat surface with the level difference by the thickness difference, and the 2nd flat surface. moreover, invention of this invention according to claim 2 joint magnetic field by antiferromagnetism combination of the portion of the free magnetic layer which is in contact with the portion of the bias antiferromagnetism film which constitutes the 1st small flat surface of thickness 8 kA/m. The following (below 100Oe) It is characterized by things. it is — A bias magnetic field strong against a portion (portions other than the width-of-recording-track portion of a free magnetic layer) to fix the magnetization direction to very strongly is applied. On the other hand, although a bias magnetic field must be applied in order to suppress a Barkhausen noise. It becomes possible [controlling by thickness of the antiferromagnetism film of each portion easily] to apply the optimal bias magnetic field for a portion (the direction center section of the width of recording track of the free magnetic layer) not to apply a not much strong magnetic field, since reproduction sensitivity will fall if a strong magnetic field is applied. that is, to the free magnetic layer which is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 2nd big flat surface of thickness. The joint magnetic field by strong antiferromagnetism combination is acquired, and the direction of the magnetization becomes what was stabilized very much. The sake, Even if the joint magnetic field by antiferromagnetism combination of the portion of the free magnetic layer which is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 1st small flat surface of thickness is small. Become easy to be suitable in the direction of magnetization of the free magnetic layer which was stabilized and is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 2nd big flat surface of thickness, and the direction of the same magnetization. Moreover, since the antiferromagnetism joint magnetic field of the portion of the free magnetic layer which is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 1st small flat surface of thickness is small, By the external magnetic field, i.e., the magnetic field from a magnetic-recording medium, the direction of the magnetization becomes easy to change, there can be little generating of a Barkhausen noise, reproduction sensitivity can be high, and reproducibility ability can be stabilized. moreover, since there is no influence which is not concerned with gap length, but has the same effect, and this bias magnetic field has on a fixed magnetic layer in order to apply a bias magnetic field by the joint magnetic field with an antiferromagnetism film and the inclination of magnetization of the fixed magnetic layer by it is not produced, either, degradation of the symmetric property of an output wave is suppressed. Moreover, by choosing the thickness of the antiferromagnetism film of the portion of the first flat surface the optimal, the joint magnetic field of an antiferromagnetism film and a free magnetic layer can be stabilized and given to the strength of 8 or less kA/m, and it has the operation that improvement in reproducibility ability can be aimed at.

[0017] Moreover, invention of this invention according to claim 3 carries out laminating membrane formation of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic layer, and the free magnetic layer one by one on a lower gap insulating layer. So that the 1st process which forms a magnetoresistance-effect element, and a magnetoresistance-effect element top may be covered. The 2nd process which forms a bias antiferromagnetism film with the level difference which consists of a portion with the small thickness which deletes a part of bias antiferromagnetism layer membrane, and has the 1st flat surface after forming a bias antiferromagnetism layer membrane, and a large portion of the thickness which has the 2nd flat surface, So that a bias antiferromagnetism film top may be covered and a part of 1st flat surface [at least] of a bias antiferromagnetism film may be [an electrode lead layer membrane may be formed and] exposed. A part of electrode lead layer membrane is deleted at least, and it is characterized by having the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple. moreover, invention of this invention according to claim 4 A type resist is formed. the 3rd process of a claim 3 — setting — a 1st [of a bias antiferromagnetism film] flat-surface top — a mushroom — It is characterized by having the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple on a bias antiferromagnetism film. moreover, invention of this invention according to claim 5 In the 2nd process of a claim 3, and the 3rd process, so that a free magnetic layer top may be covered. With the 2nd process which forms a bias antiferromagnetism layer membrane, further, so that a it top may be covered. So that a part of bias antiferromagnetism layer membrane may be shaved off and it may expose, after forming an electrode lead layer membrane. A part of electrode lead layer membrane and each bias antiferromagnetism layer membrane are deleted. The upper surface of the bias antiferromagnetism layer membrane which it was deleted and was exposed. The 1st flat surface, It is characterized by having the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple on the 2nd [of the bias antiferromagnetism film which has a level difference by the thickness difference which makes the upper surface of the bias antiferromagnetism layer membrane at the time of membrane formation the 2nd flat surface, and a bias antiferromagnetism film] flat surface. again Invention of this invention according to claim 6 carries out laminating membrane formation of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic layer, and the free magnetic layer one by one on a lower gap insulating layer. So that the 1st process [which forms a magnetoresistance-effect element], and free magnetic layer top which constitutes a magnetoresistance-effect element may be covered. A type resist is formed. the 1st bias antiferromagnetism film — forming membranes — the upper surface of the 1st bias antiferromagnetism film — a mushroom — The upper surface which carried out membrane formation of the 2nd bias antiferromagnetism film of a right-and-left couple, and has exposed the 1st bias antiferromagnetism film. The 1st flat surface, The upper surface of the 2nd bias antiferromagnetism film is made into the 2nd flat surface, and the thickness of the portion of the 1st flat surface is the thickness of the 1st bias antiferromagnetism film. The 2nd process which forms the bias antiferromagnetism film which whose thickness of the portion of the 2nd flat surface is the sum of the thickness of the 1st bias antiferromagnetism film, and the thickness of the 2nd bias antiferromagnetism film, and has the level difference which has a thickness difference among them, It is characterized by having the 3rd process which carries out membrane formation of the electrode lead layer of a right-and-left couple on the 2nd bias antiferromagnetism film. moreover, invention of this invention according to claim 8 So that the 2nd bias antiferromagnetism film top of the portion which the 1st bias antiferromagnetism film exposed, and a right-and-left couple may be covered, after deleting the resist formed at the 2nd process in the 3rd process of a claim 6 So that an electrode lead layer membrane may be formed and a part of 1st bias antiferromagnetism film [at least] may be exposed. A part of electrode lead layer





membrane is deleted at least, and it is characterized by having the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple. moreover, invention of this invention according to claim 9 A type resist is formed. the 1st flat-surface top of the 1st [ after deleting the resist formed at the 2nd process in the 3rd process of a claim 6 ] bias antiferromagnetism film — a mushroom — It is characterized by having the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple. A bias magnetic field strong against a portion (portions other than the width-of-recording-track portion of a free magnetic layer) to fix the magnetization direction to very strongly is applied. On the other hand, although a bias magnetic field must be applied in order to suppress a Barkhausen noise Applying the optimal bias magnetic field for a portion (the direction center section of the width of recording track of the free magnetic layer) not applying a not much strong magnetic field, since reproduction sensitivity will fall if a strong magnetic field is applied The magnetoresistance-effect type thin film magnetic head which can be easily controlled by thickness of the antiferromagnetism film of each portion is producible. That is, by forming the antiferromagnetism film which has a level difference by the thickness difference on a free magnetic layer Although the free magnetic layer which is in contact with the big portion of thickness on either side is combined by the joint magnetic field by very strong antiferromagnetism combination, and the free magnetic layer is [ near the head truck section ] in contact with the small antiferromagnetism film of thickness on the other hand and it is combined by the comparatively small antiferromagnetism joint magnetic field The direction of the magnetization will be turned to in the same direction as the big antiferromagnetism film of thickness, and the direction of the magnetization of a free magnetic layer which has th joint magnetic field by strong antiferromagnetism combination. The direction of the magnetization stabilized very much is obtained, and it has the operation that the magnetoresistance-effect type thin film head of high reproducibility ability with high reproduction sensitivity with few noises is producible.

[0018] Moreover, invention of this invention according to claim 7 is set at the 2nd process of a claim 6. A type resist is formed. the free magnetic layer top which constitutes a magnetoresistance-effect element — a wrap — like — the 1st bias antiferromagnetism film — forming membranes — the upper surface of the 1st bias antiferromagnetism film — a mushroom — After cleaning the upper surface of the 1st bias antiferromagnetism film, membrane formation formation of the 2nd bias antiferromagnetism film of a right-and-left couple is carried out. The 1st flat surface and the upper surface of the 2nd bias antiferromagnetism film are made into the 2nd flat surface for the upper surface which has exposed the 1st bias antiferromagnetism film. By being characterized by having the 2nd process which forms a bias antiferromagnetism film with the level difference by the thickness difference between the 1st flat surface and the 2nd flat surface, and forming the antiferromagnetism film which has a level difference by the thickness difference on a free magnetic layer The direction of the magnetization stabilized very much in the free magnetic layer will be obtained, and since membrane formation formation of the 2nd antiferromagnetism film is carried out on the 1st antiferromagnetism film with which the upper surface was cleaned, further between the 1st antiferromagnetism film and the 2nd antiferromagnetism film Very good adhesion and a magnetic combination are stabilized, and are obtained, the direction of magnetization of a free magnetic layer becomes what was stabilized very much, and it has the operation that the magnetoresistance-effect type thin film head of high reproducibility ability with high reproduction sensitivity with few noises is producible.

[0019] Moreover, invention of this invention according to claim 10 so that the portion top which the 1st flat surface of the electrode lead layer of the right-and-left couple formed on the bias antiferromagnetism film which has a level difference, and a bias antiferromagnetism film exposed may be covered It is characterized by having the 4th process which forms a cap layer. moreover, invention of this invention according to claim 11 On a lower gap insulating layer, laminating membrane formation of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a non-magnetic layer, and the free magnetic layer is carried out one by one. A type resist is formed. the 1st process which forms a magnetoresistance-effect element, and a free magnetic layer top — a wrap — like — the 1st bias antiferromagnetism film — forming membranes — further — a it top — a wrap — the cap layer top after forming a cap layer like — a mushroom — Shave off a part of cap layer at least, and membrane formation formation of the 2nd bias antiferromagnetism film of a right-and-left couple is carried out on it so that the 1st bias antiferromagnetism film may be exposed. The upper surface of the 1st bias antiferromagnetism film which touched the cap layer The 1st flat surface, The upper surface of the 2nd bias antiferromagnetism film is made into the 2nd flat surface, and the thickness of the portion of the 1st flat surface is the thickness of the 1st bias antiferromagnetism film. The 2nd process which forms the bias antiferromagnetism film which whose thickness of the portion of the 2nd flat surface is the sum of the thickness of the 1st bias antiferromagnetism film, and the thickness of the 2nd bias antiferromagnetism film, and has the level difference which has a thickness difference among them, It is characterized by having the 3rd process which carries out membrane formation formation of the electrode lead layer of a right-and-left couple on the 2nd bias antiferromagnetism film. moreover, invention of this invention according to claim 12 A type resist is formed. the cap layer top after deleting the resist formed at the 2nd process in the 3rd process of a claim 11 — a mushroom — It is characterized by having the 3rd process which carries out membrane formation formation of the electrode lead layer of a right-and-left couple. moreover, invention of this invention according to claim 13 After deleting the resist formed at the 2nd process in the 3rd process of a claim 11, so that a 2nd bias antiferromagnetism film and cap layer top may be covered So that an electrode lead layer membrane may be formed and a part of cap layer [ at least ] may be exposed By deleting a part of electrode lead layer membrane at least, being characterized by having the 3rd process which forms the electrode lead layer of a right-and-left couple, and forming the antiferromagnetism film which has a level difference by the thickness difference on a free magnetic layer By obtaining the direction of the magnetization stabilized very much in the free magnetic layer, and forming a cap layer on the portion which has exposed the bias antiferromagnetism film further at least Oxidization of the portion which the bias antiferromagnetism film exposed can be prevented, corrosion resistance can be raised, and it has the operation that there is little property degradation by them and it can produce the magnetoresistance-effect type thin film head of high reproducibility ability with high reproduction sensitivity with few noises.

[0020] Hereafter, the form of operation of this invention is explained using a drawing.

[0021] (Form 1 of operation) Drawing 1 and drawing 2 are outline explanatory drawings showing the outline of the form 1 of operation of this invention, and the transverse-plane \*\*\*\*\* type view which looked at drawing 1 from the head sliding-surface side which counters a magnetic-recording medium, and drawing 2 are some transverse-plane \*\*\*\*\* type views of the thin film magnetic head seen from the head sliding-surface side which counters a magnetic-recording medium.

[0022] On the lower gap insulating layer (not shown) using the nonmagnetic insulating material of aluminum2O3 formed in drawing 1 on lower shield layer (not shown) made from soft magnetic materials, such as permalloy, Co system



amorphous magnetic-film, or Fe system particle magnetic film, AlN, or SiO<sub>2</sub> grade The antiferromagnetism layer 1, NiFe system alloy film which are material, such as IrMn,  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, NiO, a FeMn system alloy film, and a PtMn system alloy film The magnetoresistance-effect element 5 (MR element or GMR element.) which consisted of a non-magnetic layer 3 and the fixed magnetic layer 2 made from the fixed magnetic layer 2 made from Co, a CoFe alloy film, etc., Cu, etc., and a free magnetic layer 4 made from the same ferromagnetic material a following and GMR element — saying — it is constituted Furthermore, the bias antiferromagnetism film 8 is formed using the antiferromagnetism material (it is better not to use a metal oxide film depending on the case) of different species [ layer / antiferromagnetism / 1 ] having / and / the level difference which has the 1st flat surface 6 and the 2nd flat surface 7 in the upper surface of the free magnetic layer 4 at the topmost part which constitutes the GMR element 5 when thickness differs. Furthermore, the electrode lead layer 9 of a right-and-left couple is formed on the bias antiferromagnetism film 8.

[0023] In addition, it is desirable to form the cap layer 10 by being made from non-magnetic materials, such as Ta, to prevent oxidation of the portion which the bias antiferromagnetism film 8 exposed, and to raise corrosion resistance on the portion which has exposed the electrode lead layer 9 of a right-and-left couple and the bias antiferromagnetism film 8.

[0024] As for each heat treatment (annealing processing) to the antiferromagnetism layer 1 or the bias antiferromagnetism film 8 which adds the direction of magnetization to each of the fixed magnetic layer 2 or the free magnetic layer 4, it is good to carry out, after the cap layer 10 is formed, and before patterning of the cap layer 10, the electrode lead layer 9, and the bias antiferromagnetism film 8 is carried out to a predetermined configuration and they are shaved off. Moreover, the heat treatment conditions of the bias antiferromagnetism film 8 for adding the direction of magnetization to the heat treatment conditions and free magnetic layer of the antiferromagnetism layer 1 for setting the direction of magnetization as the fixed magnetic layer 2 must select each material of the antiferromagnetism layer 1 and the bias antiferromagnetism film 8 so that at least one conditions of magnetic field strength, heat treatment temperature, and heat treatment time may differ.

[0025] The fixed magnetic layer 2 carries out antiferromagnetism combination strongly with the antiferromagnetism layer 1, and the direction of the magnetization is being strongly fixed in the direction (direction right-angled in space) of Y by the joint magnetic field. On the other hand, although it is magnetized so that the free magnetic layer 4 may be combined by the joint magnetic field by the bias antiferromagnetism film 8 and antiferromagnetism combination which have a level difference by the thickness difference on the upper surface and the direction of the magnetization may become in the direction of X (the direction of the width of recording track) The portion of the free magnetic layer 4 which the joint magnetic field strength by the antiferromagnetism combination will differ, and is in contact with the bias antiferromagnetism film 8 of the portion of the 1st small flat surface 6 of thickness with the thickness of the bias antiferromagnetism film 8. In the portion of the free magnetic layer 4 which is in contact with the bias antiferromagnetism film 8 of the portion of the 2nd large flat surface 7 of thickness, a difference arises in the joint magnetic field strength. It has the property that it will be saturated if the joint magnetic field also becomes large and generally becomes beyond a certain range as thickness becomes large, and the change property changes with material of the bias antiferromagnetism film 8.

[0026] Drawing 3 is drawing which carried out the simulation of the relation of a reproduction output to the joint magnetic field strength concerning a free magnetic layer, as compared with the case where the magnetic field strength added to the free magnetic layer is very strong, the direction when small is very high and a reproduction output understands a bird clapper. Especially, the output is improving rapidly [kA / 8 //m / or less (100 or less Oes) ].

[0027] Therefore, it sets into the portion of the free magnetic layer 4 which is in contact with the bias antiferromagnetism film 8 of the portion of the 1st small flat surface 6 of thickness. The heat treatment conditions which give the direction of magnetization to the 1st plane thickness and plane free magnetic layer of a portion of a bias antiferromagnetism film (in the strength of a magnetic field) When setting up suitably heat treatment temperature and heat treatment time and making it the joint magnetic field by the antiferromagnetism combination with a bias antiferromagnetism film and the free magnetic layer of the portion of the 1st flat surface become 8 or less (100 or less Oes) kA/m, a high reproduction output can be obtained.

[0028] Moreover, the fixed magnetic layer 2 which constitutes the GMR element 5 may be the laminating fixed magnetic layer 24 which has the composition by which laminating membrane formation of the 1st fixed magnetic layer film 21, the non-magnetic layer film 22, and the 2nd fixed magnetic layer film 23 was carried out on the antiferromagnetism layer 1, as shown in drawing 2 (a). At this time, the direction of magnetization of the 1st fixed magnetic layer film 21 which counters through the non-magnetic layer film 22 by the thickness of the non-magnetic layer film 22 which intervenes between the 1st fixed magnetic layer film 21 and the 2nd fixed magnetic layer film 23, and the 2nd fixed magnetic layer film 23 becomes in the respectively same direction, or becomes each other in the reverse direction.

[0029] Moreover, as shown in drawing 2 (b), the free magnetic layer 4 which constitutes the GMR element 5 The same material as the free magnetic layer 4 is used. The 1st free magnetic layer film 25, the 2nd free magnetic layer film 26, ....., The material of the free magnetic layer film which laminating membrane formation is carried out one by one with the n-th free magnetic layer film 27, and adjoins each other cannot be overemphasized by that the laminating free magnetic layer 28 currently formed by each using a material of a different kind is sufficient.

[0030] In addition, in the form 1 of this operation, although the so-called GMR element using nonmagnetic electric conduction material, such as Cu, as a non-magnetic layer which constitutes a magnetoresistance-effect element has been explained, it is needless to say that the composition of an electrode lead layer etc. can be changed also to the so-called TMR element using the nonmagnetic insulating material of aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grade as a non-magnetic layer, and this invention can be applied.

[0031] According to the form 1 of this operation, a bias magnetic field strong against a portion (portions other than the width-of-recording-track portion of a free magnetic layer) to fix the magnetization direction to very strongly is applied as mentioned above. On the other hand, although a bias magnetic field must be applied in order to suppress a Barkhausen noise It becomes possible [ controlling by thickness of the antiferromagnetism film of each portion easily ] to apply the optimal bias magnetic field for a portion (width-of-recording-track portion of a free magnetic layer) not to apply a not much strong magnetic field, since reproduction sensitivity will fall if a strong magnetic field is applied. that is, to the free magnetic layer which is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 2nd big flat surface of thickness The joint magnetic field by strong antiferromagnetism combination is acquired, and the direction of the magnetization becomes what was stabilized very much. The sake, Even if the joint magnetic field by antiferromagnetism combination of the portion of the free magnetic layer which is in contact with the



antiferromagnetism film of the portion of the 1st small flat surface of thickness is small Become easy to be suitable in the direction of magnetization of the free magnetic layer which was stabilized and is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 2nd big flat surface of thickness, and the direction of the same magnetization. Moreover, since the antiferromagnetism joint magnetic field of the portion of the free magnetic layer which is in contact with the antiferromagnetism film of the portion of the 1st small flat surface of thickness is small, By the external magnetic field, i.e., the magnetic field from a magnetic-recording medium, the direction of the magnetization becomes easy to change, there can be little generating of a Barkhausen noise, reproduction sensitivity can be high, and reproducibility ability can be stabilized. moreover, since there is no influence which is not concerned with gap length, but has the same effect, and this bias magnetic field has on a fixed magnetic layer in order to apply a bias magnetic field by the joint magnetic field with a bias antiferromagnetism film and the inclination of magnetization of the fixed magnetic layer by it is not produced, either, degradation of the symmetric property of an output wave is suppressed. Moreover, by choosing the thickness of the antiferromagnetism film of the portion of the first flat surface the optimal, the joint magnetic field of an antiferromagnetism film and a free magnetic layer can be stabilized and give to the strength of 8 or less kA/m, and improvement in reproducibility ability can be aimed at.

[0032] Moreover, between two fixed magnetic layer films which counter through a non-magnetic layer film by stabilizing the direction of the magnetization by the joint magnetic field with an antiferromagnetism layer very much, and choosing the thickness of a non-magnetic layer film in the suitable range by making it a laminating fixed magnetic layer. It can be made to join together strongly in antiferromagnetism, the direction of magnetization is fixed strongly, and the direction of each other magnetization becomes in the reverse direction, the leakage magnetic field by end-face magnetic charge is suppressed, and the direction of the magnetization in an end face also becomes what was stabilized very much.

[0033] (Form 2 of operation) Drawing 4 - drawing 11 are outline explanatory drawings showing the form 2 of operation of this invention, are process outline explanatory drawing for explaining the manufacturing process of the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head for reproduction, and are the outline cross section which made it the cross section near the head sliding surface which counters a magnetic-recording medium in respect of being parallel to a head sliding surface. Hereafter, the manufacture method of the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head for reproduction is explained in order of each process using a drawing.

[0034] As shown in drawing 4, membranes are formed on the substrate 40 made from AlTiC etc., and the nonmagnetic insulating material of aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, AlN, or SiO<sub>2</sub> grade is used on the lower shield layer 41 made from soft magnetic materials, such as a permalloy, Co system amorphous magnetic film, or Fe system particle magnetic film, and the lower gap insulating layer 42 is formed.

[0035] As shown in drawing 5 (a), as the 1st process next, on the lower gap insulating layer 42 As the antiferromagnetism layer 51 is formed using material, such as IrMn, alphaFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, a FeMn system alloy film, a NiMn system alloy film, or a PtMn system alloy film, and it is further shown in drawing 5 (b) Moreover, the fixed magnetic layer 52 is formed by being made from a NiFe system alloy film, Co, or a CoFe alloy film. Next, as shown in drawing 5 (c), the non-magnetic layer 53 made from Cu etc. is formed on the fixed magnetic layer 52. Furthermore, as shown in drawing 5 (d), on a non-magnetic layer 53, the free magnetic layer 54 is formed using the same material as the fixed magnetic layer 52, and the GMR element 55 by which laminating membrane formation of the antiferromagnetism layer 51, the fixed magnetic layer 52, a non-magnetic layer 53, and the free magnetic layer 54 was carried out one by one by the thin film is formed.

[0036] Antiferromagnetism material of different species [ layer / antiferromagnetism / 51 / which constitutes the GMR element 55 on the GMR element 55 as the 2nd process as shown in drawing 6 (a) ] (however, depending on the case) alphaFe<sub>2</sub> — the way which does not use metal oxide material, such as O<sub>3</sub> and NiO, — being good, as shown in drawing 6 (b), after using and forming the bias antiferromagnetism layer membrane 61 [ near the portion which forms, the abbreviation center section, i.e., the head width of recording track, of the GMR element 55 and the bias antiferromagnetism layer membrane 61, ] Apply a photoresist and a part of bias antiferromagnetism layer membrane 61 is shaved off by methods, such as dry etching. The antiferromagnetism film 64 with the level difference which has the 2nd large flat surface 63 of the thickness the 1st flat surface 62 to which it is shaved off and thickness is small, and right and left are not shaved [ thickness ] is formed.

[0037] As the 3rd process, as are shown in drawing 7 (a), and the electrode lead layer membrane 71 is formed on the bias antiferromagnetism film 64 with a level difference using non-magnetic materials, such as Cu, Cr, or Ta, and it is shown in drawing 7 (b) A photoresist is applied, by methods, such as dry etching, a part of electrode lead layer membrane 71 is shaved off at least, and the electrode lead layer 72 of a right-and-left couple is formed so that a part of 1st flat surface 62 of the small portion of the thickness of the bias antiferromagnetism film 64 may be exposed. As the 4th process, as shown in drawing 8, on the portion which a part of 1st flat surface 62 of the electrode lead layer 72 of a right-and-left couple and the bias antiferromagnetism film 64 exposed, material, such as Ta, is used and the cap layer 81 is formed.

[0038] Next, although not illustrated, carry out patterning of the cap layer 81, the electrode lead layer 72 of a right-and-left couple, and the bias antiferromagnetism film 64 to a predetermined configuration, and they are shaved off. Furthermore, on them, an up gap insulating layer is formed using the same insulating material as the lower gap insulating layer 42, further, on it, membrane formation of the up shield layer is carried out using the same soft magnetic materials as the lower shield layer 41, and the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head for reproduction is produced.

[0039] As shown in drawing 9 (a), as the 1st above-mentioned process moreover, on the lower gap insulating layer 42 The antiferromagnetism layer 51 is formed. on it further A NiFe system alloy film, Laminating membrane formation of the 1st non-magnetic layer film 902 and the 1st fixed magnetic layer film 901 using the non-magnetic materials made from Co or the CoFe alloy film, such as the 1st fixed magnetic layer film 901 and Ru, and the 2nd fixed magnetic layer film 903 using the same material is carried out one by one. The laminating fixed magnetic layer 91 is formed, on it, the non-magnetic layer 53 made from Cu etc. and the free magnetic layer 54 using the material of the 1st fixed magnetic layer film 901 grade and the same material may be formed one by one, and the GMR element 92 may be formed.

[0040] As shown in drawing 9 (b), as the 1st above-mentioned process moreover, on the lower gap insulating layer 42 The antiferromagnetism layer 51, the fixed magnetic layer 52, and a non-magnetic layer 53 are formed one by one. further Laminating membrane formation of the 1st free magnetic layer film 911, the 2nd free magnetic layer film 912, ....., the n-th free magnetic layer film 913 (n is two or more positive integers) may be carried out one by one on it, the laminating free magnetic layer 93 may be formed, and the GMR element 94 may be formed.

[0041] moreover, when the equipment which carries out laminating membrane formation and forms the GMR element 55



at the 1st process differs from the equipment which forms the bias antiferromagnetism layer membrane 61 at the 2nd process. After cleaning the upper surface of the free magnetic layer 54 by methods, such as a pulley spatter by Ar etc., or efficient consumer response, as the 2nd process and removing an oxide film, a foreign matter, or dirt of the free magnetic layer 54 on top etc., as shown in drawing 6. It is more desirable to have formed the bias antiferromagnetism layer membrane 61 and to form the bias antiferromagnetism film 64 with the level difference which shaves off a part of bias antiferromagnetism layer membrane 61, and has a thickness difference by methods, such as dry etching. There is no intervention of a foreign matter between the free magnetic layer 54 and the bias antiferromagnetism film 64 by cleaning the upper surface of the free magnetic layer 54 at this time, and the joint magnetic field stabilized more can be acquired, without the joint magnetic field strength of the bias antiferromagnetism film 64 and the free magnetic layer 54 falling, since very good adhesion and a magnetic combination are stabilized and are obtained.

[0042] moreover, the 3rd above-mentioned process is shown in drawing 10 — as — the 1st flat-surface 62 top of the bias antiferromagnetism film 64 — a mushroom — the type resist 101 may be formed and membrane formation of the electrode lead layer 102 of a right-and-left couple may be carried out on the bias antiferromagnetism film 64.

[0043] Moreover, in the 2nd process and the 3rd process, as shown in drawing 6 (a) like the 2nd above-mentioned process as the 2nd process. After forming the bias antiferromagnetism layer membrane 61 so that the free magnetic layer 54 top may be covered, as shown in drawing 11 (a), as the 3rd process. Furthermore, as the electrode lead layer membrane 111 is formed and it is shown in drawing 11 (b) so that a it top may be covered. Apply a photoresist and a part of electrode lead layer membrane 111 and bias antiferromagnetism layer membrane 61 are shaved off by methods, such as dry etching. You may form the electrode lead layer 115 of a right-and-left couple on the 2nd flat surface 113 of the bias antiferromagnetism film 114 with a level difference with which the thickness of a center section has the 1st small flat surface 112, and has the 2nd large flat surface 113 of thickness right and left, and the bias antiferromagnetism film 114. In addition, before forming the bias antiferromagnetism layer membrane 61, it cannot be overemphasized that the upper surface of the free magnetic layer 54 may be cleaned.

[0044] According to the gestalt 2 of this operation, a bias magnetic field strong against a portion (portions other than the width-of-recording-track portion of a free magnetic layer) to fix the magnetization direction to very strongly is applied as mentioned above. On the other hand, although a bias magnetic field must be applied in order to suppress a Barkhausen noise. Applying the optimal bias magnetic field for a portion (width-of-recording-track portion of a free magnetic layer) not applying a not much strong magnetic field, since reproduction sensitivity will fall if a strong magnetic field is applied. The magnetoresistance-effect type thin film magnetic head which can be easily controlled by thickness of the antiferromagnetism film of each portion is producible. That is, the joint magnetic field of a bias antiferromagnetism film and a free magnetic layer which carried out antiferromagnetism combination changes with the thickness of a bias antiferromagnetism film. Namely, the property that the joint magnetic field will be saturated if a joint magnetic field becomes large and becomes the above thickness to some extent so that the thickness of a bias antiferromagnetism film is large is used. By forming the bias antiferromagnetism film which has a level difference by the thickness difference on a free magnetic layer. Although the free magnetic layer which is in contact with the big portion of thickness on either side is combined by the very strong joint magnetic field, and the free magnetic layer is [near the head truck section] in contact with the small bias antiferromagnetism film of thickness on the other hand and it is combined by the comparatively small joint magnetic field. The direction of the magnetization will be turned to in the same direction as the big bias antiferromagnetism film of thickness, and the direction of the magnetization of a free magnetic layer which has the strong joint magnetic field. The direction of the magnetization stabilized very much will be obtained, and the magnetoresistance-effect type thin film head of high reproducibility ability with high reproduction sensitivity with few noises can be produced. moreover, since there is no influence which is not concerned with gap length, but has the same effect, and this bias magnetic field has on a fixed magnetic layer in order to apply a bias magnetic field by the joint magnetic field with a bias antiferromagnetism film and the inclination of magnetization of the fixed magnetic layer by it is not produced, either, the magnetoresistance-effect type thin film head by which degradation of the symmetric property of an output wave was suppressed is producible.

[0045] In addition, by forming a cap layer, oxidization of the portion which the bias antiferromagnetism film exposed can be prevented, and corrosion resistance can be raised.

[0046] Moreover, as for each heat treatment (annealing processing) to the antiferromagnetism layer or bias antiferromagnetism film which adds the direction of magnetization to each of a fixed magnetic layer or a free magnetic layer, it is good to carry out, after a cap layer is formed, and before patterning of a cap layer, an electrode lead layer, and the bias antiferromagnetism film is carried out to a predetermined configuration and they are shaved off. Moreover, the heat treatment conditions of the bias antiferromagnetism film for adding the direction of magnetization to the heat treatment conditions and free magnetic layer of an antiferromagnetism layer for setting the direction of magnetization as a fixed magnetic layer must select each material of an antiferromagnetism layer and a bias antiferromagnetism film so that at least one conditions of magnetic field strength, heat treatment temperature, and heat treatment time may differ.

[0047] In addition, by forming a laminating fixed magnetic layer, the leakage magnetic field by the end-face magnetic charge of the fixed magnetic layer by which the direction of magnetization was strongly fixed in the predetermined direction will be negated by the fixed magnetic layer film formed through the non-magnetic layer film, and an effect is to stop a noise.

[0048] (Form 3 of operation) Drawing 12 - drawing 16 are outline explanatory drawings showing the form 3 of operation of this invention, are process outline explanatory drawing for explaining the manufacturing process of the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head for reproduction, and are the outline cross section which made it the cross section near the head sliding surface which counters a magnetic-recording medium in respect of being parallel to a head sliding surface. Hereafter, the manufacture method of the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head for reproduction is explained in order of each process using a drawing.

[0049] Like the gestalt 2 of the above-mentioned operation, as the 1st process, as shown in drawing 5 (a). As material, such as IrMn,  $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ , NiO, a FeMn system alloy film, a NiMn system alloy film, or a PtMn system alloy film, is used, the antiferromagnetism layer 51 is formed on the lower gap insulating layer 42 and it is further shown in drawing 5 (b). Moreover, the fixed magnetic layer 52 is formed by being made from a NiFe system alloy film, Co, or a CoFe alloy film. Next, as shown in drawing 5 (c), the non-magnetic layer 53 made from Cu etc. is formed on the fixed magnetic layer 52. Furthermore, as shown in drawing 5 (d), on a non-magnetic layer 53, the free magnetic layer 54 is formed using the same material as the fixed magnetic layer 52, and the GMR element 55 by which laminating membrane formation of the





antiferromagnetism layer 51, the fixed magnetic layer 52, a non-magnetic layer 53, and the free magnetic layer 54 was carried out one by one by the thin film is formed.

[0050] The 1st bias antiferromagnetism film 121 is formed using the antiferromagnetism material (however, it is better not to use metal oxide material, such as  $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{NiO}$ , depending on the case) of different species [ layer / antiferromagnetism / 51 / which constitutes the GMR element 55 on the GMR element 55 as shown in drawing 12 (a) as the 2nd process ]. The type resist 122 is formed. next, it is shown in drawing 12 (b) — as — a mushroom — On the 1st bias antiferromagnetism film 121, membrane formation formation of the 2nd bias antiferromagnetism film 123 of a right-and-left couple is carried out using the same antiferromagnetism material as the 1st bias antiferromagnetism film 121. It has the 1st flat surface 124 which is the upper surface of the 1st bias antiferromagnetism film 121, and the 2nd flat surface 125 which is the upper surface of the 2nd bias antiferromagnetism film 123 formed on the 1st bias antiferromagnetism film 121. In the 1st flat-surface section, the thickness is the thickness of the 1st bias antiferromagnetism film 121 itself. In the 2nd flat-surface section, it is the sum of each thickness of the 1st bias antiferromagnetism film 121 and the 2nd bias antiferromagnetism film 123, and the bias antiferromagnetism film 126 which has a level difference by the thickness difference can be formed. Here, the material of the 1st bias antiferromagnetism film 121 and the 2nd bias antiferromagnetism film 123 must be chosen so that it may differ in the heat treatment conditions of the antiferromagnetism layer 51 for the heat treatment conditions (the magnetic field strength, heat treatment temperature, and heat treatment time to add) for adding the direction of magnetization to the free magnetic layer 54 adding the direction of magnetization to the fixed magnetic layer 52, and at least one condition. Moreover, the material of the 1st bias antiferromagnetism film 121 and the 2nd bias antiferromagnetism film 123 may be an antiferromagnetism material of a different kind, as long as a joint magnetic field with a free magnetic layer becomes large by forming the 2nd antiferromagnetism film 123, and it is necessary at this time to heat-treat on the conditions suitable for the 1st bias antiferromagnetism film 121 and the 2nd bias antiferromagnetism film 123.

[0051] as the 3rd process, it is shown in drawing 13 — as — a mushroom — using the type resist 122, on the 2nd bias antiferromagnetism film 123 of a right-and-left couple, non-magnetic materials, such as Cu, Cr, or Ta, are used, and membrane formation formation of the electrode lead layer 131 of a right-and-left couple is carried out

[0052] As the 4th process, as shown in drawing 14, on the portion which the electrode lead layer 131 of a right-and-left couple and the 1st bias antiferromagnetism film 121 exposed, material, such as Ta, is used and the cap layer 141 is formed.

[0053] Next, although not illustrated, carry out patterning of the cap layer 141, the electrode lead layer 131 of a right-and-left couple, and the bias antiferromagnetism film 126 to a predetermined configuration, and they are shaved off. Furthermore, on them, an up gap insulating layer is formed using the same insulating material as the lower gap insulating layer 42, further, on it, membrane formation formation of the up shield layer is carried out using the same soft magnetic materials as the lower shield layer 41, and the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head for reproduction is produced.

[0054] In addition, it cannot be overemphasized that a laminating fixed magnetic layer or a laminating free magnetic layer can be formed, and a GMR element can be formed like other examples of the 1st process of the form 2 of the above-mentioned operation.

[0055] The type resist 122 is formed. moreover, it is shown in drawing 12 (b) as other examples of the 2nd process — as — a mushroom — The upper surface of the 1st bias antiferromagnetism film 121 is cleaned by methods, such as a pulley spatter by Ar etc., or efficient consumer response. The oxide film of the front face of the 1st bias antiferromagnetism film 121, the remnants of a resist, After removing a foreign matter or dirt, the 2nd bias antiferromagnetism film 123 of a right-and-left couple by carrying out membrane formation formation on the 1st bias antiferromagnetism film 121 using the same antiferromagnetism material as the 1st bias antiferromagnetism film 121 Since there is no mediation of a foreign matter between the 1st bias antiferromagnetism film 121 and the 2nd bias antiferromagnetism film 123, and very good adhesion and a magnetic combination are stabilized and are obtained, The joint magnetic field stabilized more can be acquired without the joint magnetic field strength of a bias antiferromagnetism film and a free magnetic layer falling.

[0056] moreover, like other examples of the 2nd process of the gestalt 2 of the above-mentioned operation as other examples of the 2nd process When the equipment which forms the 1st bias antiferromagnetism layer membrane 61 in the 2nd process differs from the equipment which forms the GMR element 55 in the 1st process The upper surface of the free magnetic layer 54 is cleaned by methods, such as a pulley spatter by Ar etc., or efficient consumer response. It is made to be the same as that of the 2nd process shown in drawing 12, after removing the oxide film of the front face of the free magnetic layer 54, the remnants of a resist, a foreign matter, or dirt. the cleaned free magnetic layer 54 top — a wrap — like — the 1st bias antiferromagnetism film 121 — forming membranes — a it top — a mushroom — it is better to have formed the type resist 122 and to carry out membrane formation formation of the 2nd bias antiferromagnetism film 123 of a right-and-left couple The joint magnetic field stabilized more can be acquired like the gestalt 2 of the above-mentioned operation, without the joint magnetic field strength of a bias antiferromagnetism film and a free magnetic layer falling.

[0057] moreover, the mushroom formed at the 2nd process as other examples of the 3rd process, as shown in drawing 15 (a), after deleting a type resist So that the portion top which the 2nd bias antiferromagnetism film 123 of a right-and-left couple and the 1st bias antiferromagnetism film 121 exposed may be covered As the electrode lead layer membrane 151 is formed and it is shown in drawing 15 (b), so that a part of 1st flat surface 124 of the 1st bias antiferromagnetism film 121 may be exposed A photoresist is applied, by methods, such as dry etching, a part of electrode lead layer membrane 151 may be deleted at least, and the electrode lead layer 152 of a right-and-left couple may be formed.

[0058] moreover, the mushroom formed at the 2nd process as other examples of the 3rd process — after deleting a type resist, it is shown in drawing 16 — as — another mushroom on the 1st bias antiferromagnetism film 121 — the type resist 161 may be formed and membrane formation formation of the electrode lead layer 162 of a right-and-left couple may be carried out

[0059] According to the form 3 of this operation, as mentioned above like the form 2 of the above-mentioned operation The free magnetic layer which is in contact with the big bias antiferromagnetism film of thickness carries out antiferromagnetism combination with a bias antiferromagnetism film by the very strong joint magnetic field. The direction of magnetization of the free magnetic layer which is in contact with the small bias antiferromagnetism film of thickness Will stabilize and be suitable towards the same magnetization as the free magnetic layer which is in contact with the big bias antiferromagnetism film of thickness. On the 1st antiferromagnetism film with which the direction of



the magnetization stabilized very much was obtained, and the upper surface was cleaned, by carrying out membrane formation of the 2nd antiferromagnetism film between the 1st antiferromagnetism film and the 2nd antiferromagnetism film. Very good adhesion and a magnetic combination are stabilized, and are obtained, and the direction of the magnetization of a free magnetic layer which has the joint magnetic field by the big antiferromagnetism film of thickness and strong antiferromagnetism combination becomes what was stabilized very much. The magnetoresistance-effect type thin film head of high reproducibility ability with high reproduction sensitivity with few noises is producible. moreover, since there is no influence which is not concerned with gap length, but has the same effect, and this bias magnetic field has on a fixed magnetic layer in order to apply a bias magnetic field by the joint magnetic field with a bias antiferromagnetism film and the inclination of magnetization of the fixed magnetic layer by it is not produced, with the magnetoresistance-effect type thin film head by which the gradation of the symmetric property of an output wave was suppressed is producible.

[0060] In addition, in the gestalt 3 of the gestalt 2 of the above-mentioned operation - operation, after a cap layer is formed, and before patterning of a cap layer, an electrode lead layer, a bias antiferromagnetism film, and the GMR element is carried out to a predetermined configuration and they are shaved off as the 4th process, as for heat treatment which adds the direction of magnetization to a fixed magnetic layer and a free magnetic layer in the predetermined direction, respectively, it is desirable to carry out. It cannot be overemphasized by the heat treatment conditions (magnetic field strength, processing temperature, and processing time) to the antiferromagnetism layer which adds the direction of magnetization to a fixed magnetic layer here, and the heat treatment conditions to the bias antiferromagnetism film which adds the direction of magnetization to a free magnetic layer that the material of the bias antiferromagnetism film which touches the antiferromagnetism layer and free magnetic layer which touch a fixed magnetic layer, respectively must be chosen so that at least one condition items may differ.

[0061] (Gestalt 4 of operation) Drawing 17 - drawing 20 are outline explanatory drawings showing the gestalt 4 of operation of this invention, are process outline explanatory drawing for explaining the manufacturing process of the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head for reproduction, and are the outline cross section which made it the cross section near the head sliding surface which counters a magnetic-recording medium in respect of being parallel to a head sliding surface. Hereafter, the manufacture method of the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head for reproduction is explained in order of each process using a drawing.

[0062] Like the 1st process of the gestalt 2 of the above-mentioned operation, as shown in drawing 5, the antiferromagnetism layer 51, the fixed magnetic layer 52, a non-magnetic layer 53, and the free magnetic layer 54 form the GMR element 55 by which laminating membrane formation was carried out one by one.

[0063] As the 2nd process, as shown in drawing 17 (a), the 1st bias antiferromagnetism film 171 is formed and the cap layer 172 is further formed on it so that the free magnetic layer 54 top at the topmost part of the GMR element 55 may be covered. next, it is shown in drawing 17 (b) - as - the cap layer 172 top - a mushroom - the type resist 173 is formed, as the cap layer 172 is shaved off and it is shown in drawing 17 (c), on it, membrane formation of the 2nd bias antiferromagnetism film 174 of a right-and-left couple is carried out, and the antiferromagnetism film 175 which has the level difference from which thickness differs is formed, so that the front face of the 1st bias antiferromagnetism film 171 may be exposed to right and left.

[0064] as the 3rd process, it is shown in drawing 18 - as - a mushroom - using the type resist 173, on the 2nd bias antiferromagnetism film 174 of a right-and-left couple, non-magnetic materials, such as Cu, Cr, or Ta, are used, and membrane formation of the electrode lead layer 181 of a right-and-left couple is carried out.

[0065] The process after it is the same as the form 2 of the above-mentioned operation.

[0066] In addition, it cannot be overemphasized like other examples of the 1st process of the form 2 of the above-mentioned operation that a laminating fixed magnetic layer or a laminating free magnetic layer may be formed.

[0067] moreover, like other examples of the 2nd process of the form 3 of the above-mentioned operation as other examples of the 2nd process it is shown in drawing 17 (b) - as - the cap layer 172 top - a mushroom - so that the type resist 173 may be formed and the front face of the 1st bias antiferromagnetism film 171 may be exposed to right and left. In shaving off the cap layer 172 and carrying out membrane formation of the 2nd bias anti-\*\*\*\*\* using another equipment. The upper surface of the 1st exposed bias antiferromagnetism film 171 is cleaned by methods, such as a pulley spatter by Ar etc., or efficient consumer response. After removing the oxide film of the front face of the 1st bias antiferromagnetism film 171, the remnants of a resist, a foreign matter, or dirt, membrane formation of the 2nd bias antiferromagnetism film 174 of a right-and-left couple is carried out on the 1st bias antiferromagnetism film 171. It is more desirable to form the antiferromagnetism film 175 which has the level difference from which thickness differs. On the 1st antiferromagnetism film with which the upper surface was cleaned, very good adhesion and a magnetic combination are stabilized, and are obtained between the 1st antiferromagnetism film and the 2nd antiferromagnetism film by carrying out membrane formation of the 2nd antiferromagnetism film, and the direction of the magnetization of a free magnetic layer which has the joint magnetic field by the big antiferromagnetism film of thickness and strong antiferromagnetism combination becomes what was stabilized very much.

[0068] Moreover, when the equipment which forms the 1st bias antiferromagnetism layer membrane 171 in the 2nd process differs from the equipment which forms the GMR element 55 in the 1st process. Like other examples of the 2nd process of the form 3 of the above-mentioned operation as other examples of the 2nd process. The upper surface of the free magnetic layer 54 is cleaned by methods, such as a pulley spatter by Ar etc., or efficient consumer response. It is made to be the same as that of the 2nd process shown in drawing 17, after removing the oxide film of the front face of the free magnetic layer 54, the remnants of a resist, a foreign matter, or dirt. the cleaned free magnetic layer 54 top - a wrap - like - the 1st bias antiferromagnetism film 171 - forming membranes - further - a it top - the cap layer 172 - forming membranes - a it top - a mushroom - it is better to have formed the type resist 173 and to carry out membrane formation of the 2nd bias antiferromagnetism film 174 of a right-and-left couple. There is no intervention of a foreign matter between the free magnetic layer 54 and the 1st bias antiferromagnetism film 171 by cleaning the upper surface of the free magnetic layer 54 at this time, and the joint magnetic field stabilized more can be acquired, without the joint magnetic field strength of a bias antiferromagnetism film and a free magnetic layer falling, since very good adhesion and a magnetic combination are stabilized and are obtained.

[0069] moreover, the mushroom formed at the 2nd process as other examples of the 3rd process, as shown in drawing 19, after deleting a type resist. So that the exposed 2nd bias antiferromagnetism film 174 and cap layer 172 top may be covered. A photoresist may be applied, the electrode lead layer membrane 191 may be shaved off by methods, such as dry etching, and the electrode lead layer 192 of a right-and-left couple may be formed so that the electrode lead layer membrane 191 may be formed and a part of cap layer 172 may be exposed after that. Moreover, after shaving off an



electrode lead layer, it is also possible to choose the material of the cap layer 172 so that the bias antiferromagnetism film 171 may not be shaved.

[0070] moreover, the mushroom formed at the 2nd process as other examples of the 3rd process — after deleting a type resist, it is shown in drawing 20 — as — another mushroom on the cap layer 172 — the type resist 201 may be formed and the electrode lead layer 202 of a right-and-left couple may be formed

[0071] In addition, as for each heat treatment to the antiferromagnetism layer and bias antiferromagnetism film for adding the direction of magnetization in a predetermined direction to a fixed magnetic layer and a free magnetic layer, respectively, it is desirable to carry out, after a cap layer is formed, and before patterning of a bias antiferromagnetism film and the GMR element is carried out to a predetermined configuration and they are shaved off. It cannot be overemphasized by the heat treatment conditions (a magnetic field, processing temperature, and processing time) to the antiferromagnetism layer for adding the direction of magnetization to a fixed magnetic layer here, and the heat treatment conditions to the bias antiferromagnetism film for adding the direction of magnetization to a free magnetic layer that the material of the bias antiferromagnetism film which touches the antiferromagnetism layer and free magnetic layer which touch a fixed magnetic layer, respectively must be chosen so that at least one condition items may differ.

[0072] According to the form 4 of this operation, as mentioned above by very strong antiferromagnetism combination of the free magnetic layer which is in contact with the big bias antiferromagnetism film of thickness like the form 2 of the above-mentioned above-mentioned operation, and the form 3 of operation The direction of magnetization of the free magnetic layer which is in contact with the small bias antiferromagnetism film of thickness It becomes a bird clapper that it is easy to be suitable towards the same magnetization as the free magnetic layer which is in contact with the big bias antiferromagnetism film of thickness. On the 1st antiferromagnetism film with which the direction of the magnetization stabilized very much was obtained, and the upper surface was cleaned, by carrying out membrane formation formation of the 2nd antiferromagnetism film between the 1st antiferromagnetism film and the 2nd antiferromagnetism film Very good adhesion and a magnetic combination are stabilized, and are obtained, and the direction of the magnetization of a free magnetic layer which has the joint magnetic field by the big antiferromagnetism film of thickness and strong antiferromagnetism combination becomes what was stabilized very much. Moreover, since time for a bias antiferromagnetism film to be exposed by preparing a cap layer on the 1st antiferromagnetism film by this manufacture method is sharply reducible, Property degradation of a bias antiferromagnetism film can be suppressed and the magnetoresistance-effect type thin film head of the outstanding reproducibility ability with high reproduction sensitivity with few Barkhausen noises can be produced.

[0073]

[Effect of the Invention] The joint magnetic field of the soft-magnetism film with which this invention is in contact with the antiferromagnetism film as mentioned above The property of carrying out abbreviation saturation if it will become large if the thickness of an antiferromagnetism film is large, and it becomes beyond a certain range is used. By preparing the bias antiferromagnetism film which has a level difference so that thickness may be small and thickness may become [ except near the head truck ] large on the free magnetic layer of a GMR element near the portion which constitutes a head truck The portion of the free magnetic layer which is in contact with the bias antiferromagnetism film of the big portion of thickness Carry out antiferromagnetism combination with a bias antiferromagnetism film, and it is combined by the very strong joint magnetic field. The free magnetic layer of the portion which the direction of the magnetization became what was stabilized very much, therefore is in contact with the bias antiferromagnetism film of the small portion of thickness also by the small joint magnetic field The direction of the magnetization which was easy to turn to in the same direction as the magnetization direction of the portion of the free magnetic layer which was stabilized and is in contact with the large bias antiferromagnetism film of thickness, and was stabilized is obtained. Moreover, since the antiferromagnetism joint magnetic field of the portion of the free magnetic layer which is in contact with the antiferromagnetism film of the small portion of thickness is small, The direction of magnetization becomes easy to change with the magnetic fields from a magnetic-recording medium, and the effect that reproducibility ability, like a Barkhausen noise is small and reproduction sensitivity is high can be improved is not concerned with reproduction gap length, but it is \*\*\*\*\*. Moreover, it has the effect that the magnetoresistance-effect type thin film magnetic head which has such outstanding reproducibility ability is producible.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] The transverse-plane \*\*\*\*\* type view of the thin film magnetic head showing the gestalt 1 of operation of this invention
- [Drawing 2] Some transverse-plane \*\*\*\*\* type views of the thin film magnetic head showing other examples of the gestalt 1 of operation of this invention
- [Drawing 3] The graph which shows the relation between the layer joint magnetic field strength added to the free magnetic layer for explaining the gestalt 1 of operation of this invention, and a reproduction output
- [Drawing 4] Outline explanatory drawing showing some processes of the manufacturing process explaining the gestalt 2 of operation of this invention of the thin film magnetic head
- [Drawing 5] Outline explanatory drawing showing the 1st process in the gestalt 2 of operation of this invention
- [Drawing 6] Outline explanatory drawing showing the 2nd process in the gestalt 2 of operation of this invention
- [Drawing 7] Outline explanatory drawing showing the 3rd process in the gestalt 2 of operation of this invention
- [Drawing 8] Outline explanatory drawing showing the 4th process in the gestalt 2 of operation of this invention
- [Drawing 9] Outline explanatory drawing showing other examples of the 1st process in the gestalt 2 of operation of this invention
- [Drawing 10] Outline explanatory drawing showing other examples of the 3rd process in the gestalt 2 of operation of this invention
- [Drawing 11] Outline explanatory drawing showing other examples of the 3rd process in the gestalt 2 of operation of this invention
- [Drawing 12] Outline explanatory drawing showing the 2nd process in the gestalt 3 of operation of this invention
- [Drawing 13] Outline explanatory drawing showing the 3rd process in the gestalt 3 of operation of this invention
- [Drawing 14] Outline explanatory drawing showing the 4th process in the gestalt 3 of operation of this invention
- [Drawing 15] Outline explanatory drawing showing other examples of the 3rd process in the gestalt 3 of operation of this invention
- [Drawing 16] Outline explanatory drawing showing other examples of the 3rd process in the gestalt 3 of operation of this invention
- [Drawing 17] Outline explanatory drawing showing the 2nd process in the gestalt 4 of operation of this invention
- [Drawing 18] Outline explanatory drawing showing the 3rd process in the gestalt 4 of operation of this invention
- [Drawing 19] Outline explanatory drawing showing other examples of the 3rd process in the gestalt 4 of operation of this invention
- [Drawing 20] Outline explanatory drawing showing other examples of the 3rd process in the gestalt 4 of operation of this invention
- [Drawing 21] The tropia schematic diagram showing the conventional thin film magnetic head
- [Drawing 22] The transverse-plane \*\*\*\*\* type view showing the conventional thin film magnetic head

### [Description of Notations]

- 1 51,224 Antiferromagnetism layer
- 2 52,225 Fixed magnetic layer
- 3 53,226 Non-magnetic layer
- 4 54,227 Free magnetic layer
- 5, 55, 92, 94,213 Magnetoresistance-effect element (GMR element)
- 6 62,112,124 The 1st flat surface
- 7 63,113,125 The 2nd flat surface
- 8 64,114,126,175 Bias antiferromagnetism film
- 9, 72, 102, 115, 131, 152, 162, 181, 192, 202, 215 Electrode lead layer
- 10 81,141,172,228 Cap layer
- 40 Substrate
- 41,211 Lower shield layer
- 42,212 Lower gap insulating layer
- 61 Bias Antiferromagnetism Layer Membrane
- 71,111,151,191 Electrode lead layer membrane
- 91 Laminating Fixed Magnetic Layer
- 93 Laminating Free Magnetic Layer
- 101, 122, 161, 163, and 201 a mushroom — type resist
- 121 171 1st bias antiferromagnetism film
- 123 174 2nd bias antiferromagnetism film
- 214 Vertical Bias Layer
- 216 Up Gap Insulating Layer
- 217 Up Shield Layer
- 218 Magnetoresistance-Effect Type Thin Film Magnetic Head for Reproduction
- 220 Induction-Type Thin Film Magnetic Head for Record
- 221 Record Gap Layer
- 222 Up Magnetic Pole
- 223 Coil Coil





229 Reproduction Head Gap Length  
901 1st Fixed Magnetic Layer Film  
902 1st Non-magnetic Layer Film  
903 2nd Fixed Magnetic Layer Film  
911 1st Free Magnetic Layer Film  
912 2nd Free Magnetic Layer Film  
913 N-th Free Magnetic Layer Film

---

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-256617

(P2001-256617A)

(43) 公開日 平成13年9月21日 (2001.9.21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

テームト\* (参考)

5 D 0 3 4

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-70028(P2000-70028)

(22) 出願日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 坂口 昌也

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 深澤 利雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

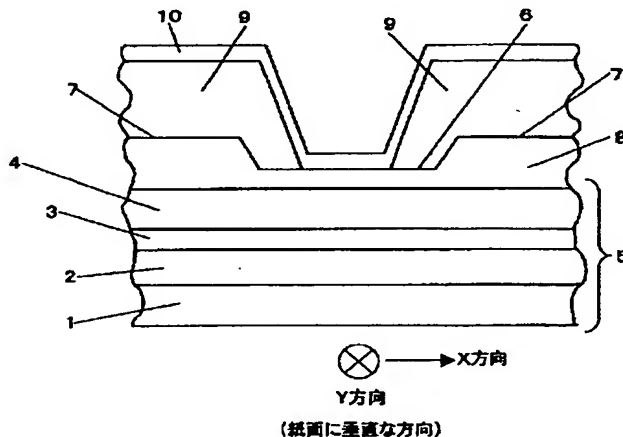
Fターム(参考) 5D034 BA04 BA12 DA07

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高記録密度に伴う短波長の記録信号を再生するために狭ギャップレングス化された再生ヘッドにおいて、安定した縦バイアスを供給し、高感度で、且つ安定した再生性能を有する薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の上に膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜を成膜形成することによって、膜厚の大きな部分のバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の結合磁界を非常に強くし、膜厚の小さい部分のバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の結合磁界を小さくできるため、ギャップレングスに関わらずバルクハウゼンノイズが安定して抑えられ、且つ、再生感度を向上できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下部シールド層と上部シールド層との間に絶縁材を介して磁気抵抗効果素子を有し、前記磁気抵抗効果素子に接して設けられた縦バイアス層と、信号電流を流すための電極リード層からなる磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、

反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、

膜厚差による段差のある第1の平面と第2の平面を有するバイアス反強磁性膜と、からなる構成を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 膜厚の小さい前記第1の平面を構成する前記バイアス反強磁性膜の部分に接している前記フリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が  $8\text{ kA/m}$  以下 ( $1000\text{ Oe}$  以下)であることを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、前記磁気抵抗効果素子の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜した後、前記バイアス反強磁性層膜の一部を削除し、第1の平面を有する膜厚の小さい部分と第2の平面を有する膜厚の大きい部分とからなる段差のあるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、前記バイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、前記バイアス反強磁性膜の第1の平面の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程と、を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項4】 請求項3の第3の工程において、前記バイアス反強磁性膜の第1の平面上に茸型レジストを形成して、前記バイアス反強磁性膜の上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項3に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項5】 請求項3の第2の工程及び第3の工程において、前記フリー磁性層の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜する第2の工程と、更に、その上を覆うように、電極リード層膜を成膜した後、前記バイアス反強磁性層膜の一部が削り取られて露出するように、前記電極リード層膜及び前記バイアス反強磁性層膜の夫々の一部を削除して、削除されて露出した前記バイアス反強磁性層膜の上面を第1の平面、成膜時の前記バイアス反強磁性層膜の上面を第2の平面とする膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜及び前記バイアス反強磁性膜の第2の平面上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程と、を有することを特徴とする請求項3に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項6】 下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性

層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、前記磁気抵抗効果素子を構成する前記フリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、前記第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、前記第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、前記第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、且つ、前記第1の平面の部分の膜厚は前記第1のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、前記第2の平面の部分の膜厚は前記第1のバイアス反強磁性膜の膜厚と前記第2のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、

前記第2のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程と、を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項7】 請求項6の第2の工程において、前記磁気抵抗効果素子を構成する前記フリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、前記第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、前記第1のバイアス反強磁性膜の上面をクリーニングした後、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、前記第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、前記第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、前記第1の平面と前記第2の平面との間に膜厚差による段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程を有することを特徴とする請求項6に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項8】 請求項6の第3の工程において、前記第2の工程にて形成したレジストを削除した後、前記第1のバイアス反強磁性膜の露出した部分及び左右一対の前記第2のバイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、前記第1のバイアス反強磁性膜の少なくとも一部が露出するように、少なくとも前記電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項6或いは請求項7のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項9】 請求項6の第3の工程において、前記第2の工程にて形成したレジストを削除した後、前記第1のバイアス反強磁性膜の第1の平面の上に、茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項6或いは請求項7のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項10】 段差を有する前記バイアス反強磁性膜の上に形成された左右一対の前記電極リード層及び前記バイアス反強磁性膜の第1の平面の露出した部分の上を覆うように、キャップ層を形成する第4の工程を有することを特徴とする請求項3～請求項9のいずれかに記載

の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 1】 下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第 1 の工程と、前記フリー磁性層の上を覆うように第 1 のバイアス反強磁性膜を成膜し、更に、その上を覆うようにキャップ層を成膜した後、前記キャップ層の上に茸型レジストを形成して、前記第 1 のバイアス反強磁性膜が露出するように、少なくとも前記キャップ層の一部を削り取り、その上に、左右一対の第 2 のバイアス反強磁性膜を成膜形成して、前記キャップ層に接した前記第 1 のバイアス反強磁性膜の上面を第 1 の平面、前記第 2 のバイアス反強磁性膜の上面を第 2 の平面とし、且つ、前記第 1 の平面の部分の膜厚は前記第 1 のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、前記第 2 の平面の部分の膜厚は前記第 1 のバイアス反強磁性膜の膜厚と前記第 2 のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第 2 の工程と、前記第 2 のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第 3 の工程と、を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 2】 請求項 1 1 の第 3 の工程において、前記第 2 の工程にて形成されたレジストを削除した後、前記キャップ層の上に茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を成膜形成する第 3 の工程を有することを特徴とする請求項 1 1 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 3】 請求項 1 1 の第 3 の工程において、前記第 2 の工程にて形成されたレジストを削除した後、前記第 2 のバイアス反強磁性膜及び前記キャップ層の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、前記キャップ層の少なくとも一部が露出するように、少なくとも前記電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第 3 の工程を有することを特徴とする請求項 1 1 あるいは請求項 1 2 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気ディスク装置（HDD 装置）等の磁気記録媒体に対して高密度の記録・再生を行う装置に適用され、特に、磁気抵抗効果素子のフリー磁性層に安定したバイアス磁界を与えて再生効率の高い磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、磁気ディスク装置（HDD 装置）等の磁気記録媒体に対する記録・再生において、処理速度の向上と記録容量の大容量化の必要性が増してきており、高記録密度化への取り組みが強化されつつある。

【0003】 以下、従来の薄膜磁気ヘッドについて図面

を用いて説明する。

【0004】 図 2 1 及び図 2 2 は、従来の薄膜磁気ヘッドを示す図であり、図 2 1 は斜視概略図、図 2 2 は薄膜磁気ヘッドの正面概略模式図である。

【0005】 例えば、磁気ディスク装置における信号の磁気記録媒体への記録再生に用いられる薄膜磁気ヘッドは、図 2 1 に示すような所謂 MR（GMR）インダクティブ複合ヘッドと呼ばれているものが多い。

【0006】 図 2 1 において、パーマロイ、Co 系アモルファス磁性膜或いは Fe 系合金磁性膜等の軟磁性材料で成膜された下部シールド層 2 1 1 の上に  $Al_2O_3$ 、 $AlN$  或いは  $SiO_2$  等の非磁性絶縁材料を用いて下部ギャップ絶縁層 2 1 2 が成膜され、更にその上面に磁気抵抗効果素子（MR 素子或いは GMR 素子。以下、GMR 素子と言う）2 1 3 が積層成膜形成され、GMR 素子 2 1 3 の左右両側端部に CoPt 合金等の材料で縦バイアス層 2 1 4 が成膜される。更に、GMR 素子 2 1 3 の上面とその両側面とのなす交線である稜線に接し、縦バイアス層 2 1 4 の上面に、Cu、Cr 或いは Ta 等の材料を用いて左右一対の電極リード層 2 1 5 が成膜される。ここで、縦バイアス層 2 1 4 の上面及び GMR 素子 2 1 3 の一部の上面にかかるようにして、電極リード層 2 0 5 を成膜しても良い。次に、電極リード層 2 1 5 と GMR 素子 2 1 3 の露出した部分の上に、下部ギャップ絶縁層 2 1 2 と同様の非磁性絶縁材料を用いて上部ギャップ絶縁層 2 1 6 を成膜する。更に、上部ギャップ絶縁層 2 1 6 の上に、下部シールド層 2 1 1 と同じような軟磁性材料を用いて上部シールド層 2 1 7 を成膜形成し、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド部 2 1 8 を構成する。

【0007】 次に、上部シールド層 2 1 7 の上面に下部ギャップ絶縁層 2 1 2 と同様の非磁性絶縁材料を用いて記録ギャップ層 2 2 1 を成膜し、更に記録ギャップ層 2 2 1 を介して上部シールド層 2 1 7 に対向し、且つ、他の部分で上部シールド層 2 1 7 に接している上部磁極 2 2 2 を軟磁性材料を用いて成膜形成し、記録ギャップ層 2 2 1 を介して上部シールド層 2 1 7 と上部磁極 2 2 2 が対向している部分と上部磁極 2 2 2 が上部シールド層 2 1 7 に接している部分との間で、上部シールド層 2 1 7 と上部磁極 2 2 2 から絶縁材（図示せず）を介して絶縁された巻線コイル 2 2 3 が設けられて、記録用の誘導型薄膜磁気ヘッド部 2 2 0 を構成する。ここで、上部シールド層 2 1 7 は再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド部 2 1 8 のシールド機能と記録用誘導型薄膜磁気ヘッド部 2 2 0 の下部磁極機能とを兼ね備えた機能を有している。

【0008】 巻線コイル 2 2 3 に記録電流が供給されることにより、記録用誘導型薄膜磁気ヘッド部 2 2 0 の上部磁極 2 2 2 と上部シールド層 2 1 7 に記録磁界が発生し、記録ギャップ層 2 2 1 を介して対向する上部磁極 2 2 2 と上部シールド層 2 1 7 との間に漏洩磁束が発生

し、磁気記録媒体に記録信号を記録する。また、信号が記録された磁気記録媒体に記録された信号の磁界を再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド部218で再生し、GMR素子213による抵抗変化に応じた再生信号を電極リード層215の端子から検出する。

【0009】図22に、薄膜磁気ヘッドの再生ヘッド部における磁気抵抗効果素子近傍の正面概略模式図を示すように、下部シールド層211の上面に成膜された下部ギャップ絶縁層212の上に、FeMn系合金膜、PtMn系合金膜等の材料である反強磁性層224、FeNi系合金膜、パーマロイ、Co、FeCo合金膜等を材料とする固定磁性層225、Cu等を材料とする非磁性層226、固定磁性層225と同様の材料とするフリー磁性層227及びTa等を材料とするキャップ層228が順次積層成膜され、イオンミリング等のエッチング工程で左右両側端部が傾斜した面を持つように削り取られてGMR素子213が形成されている。GMR素子213の左右両側端面に接して、左右一対の縦バイアス層214が形成され、その上に左右一対の電極リード層215が形成されている。更に、それらの上に、上部ギャップ絶縁層216が成膜され、更にその上に、上部シールド層217が形成され、再生用磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを構成している。近年、高記録密度化に対応した短波長の記録信号を再生するために、再生ヘッドギャップレングス229が益々小さくなってきている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記の従来の構成の薄膜磁気ヘッドの再生ヘッド部において、磁気記録媒体に短波長で記録された信号を再生するためには、再生ヘッドギャップレングスを小さくする必要がある。再生ヘッドギャップレングスは下部シールド層の上面から上部シールド層の下面までの距離即ち下部ギャップ絶縁層、GMR素子及び上部ギャップ絶縁層の夫々の膜厚の和であり、この距離を小さくすることはGMR素子の両側にある左右一対の縦バイアス層が下部シールド層或いは上部シールド層に接近することになり、縦バイアス層の磁界が下部シールド層或いは上部シールド層に逃げ易くなり、GMR素子の縦バイアス層近傍のフリー磁性層にはバイアス磁界がかかるが、フリー磁性層の中央部分（トラック幅方向の中央部分）ではバイアス磁界が弱まって、フリー磁性層の磁化の方向が不安定になり、ノイズが増加し、安定した再生信号が得られず、安定した再生信号を得るために、縦バイアス磁界を強くする対策を行うと、フリー磁性層の磁化は安定し、バルクハウゼンノイズは抑えられるが、感度が低下し、固定磁性層の磁化の方向も大きく傾き、対称性が悪化するという課題があった。

【0011】本発明は、上記の課題を解決し、GMR素子のフリー磁性層の上に形成された膜厚の異なる段差を有する反強磁性膜と反強磁性的に結合した結合磁界によ

って、フリー磁性層に安定した縦バイアスを加え、フリー磁性層の磁化の方向を安定させ、バルクハウゼンノイズの発生を抑え、再生性能の良好な磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために本発明の薄膜磁気ヘッドは、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、膜厚差による段差のある第1の平面と第2の平面を有するバイアス反強磁性膜とからなるようにした構成を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、膜厚の小さい第1の平面を構成するバイアス反強磁性膜の部分に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が $8\text{ kA/m}$ 以下（ $1000\text{ Oe}$ 以下）であるようにした構成を有している。

【0013】この構成によって、非常に強く磁化方向を固定したい部分（フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分）に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイアス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分（フリー磁性層のトラック幅部分）に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能となる。つまり、膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層には、強い反強磁性結合による結合磁界が得られて、その磁化の方向は非常に安定したものとなり、そのため、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が小さくても、安定して膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ磁化の方向に向き易くなり、また、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合磁界は小さいため、外部磁界即ち磁気記録媒体からの磁界によって、その磁化の方向が変化し易くなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、再生感度が高く、再生性能を安定化させることができる。また、反強磁性膜との結合磁界によってバイアス磁界をかけるため、ギャップレングスに関わらず同様の効果を有し、かつ、このバイアス磁界が固定磁性層に与える影響はなく、それによる固定磁性層の磁化の傾きも生じないため、出力波形の対称性の劣化が抑えられる。また、第一の平面の部分の反強磁性膜の膜厚を最適に選ぶことによって、反強磁性膜とフリー磁性層との結合磁界を $8\text{ kA/m}$ 以下の強さに安定して与えることができ、再生性能の向上を図ることができる。

【0014】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁

気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜した後、バイアス反強磁性層膜の一部を削除し、第1の平面を有する膜厚の小さい部分と第2の平面を有する膜厚の大きい部分とからなる段差のあるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、バイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、バイアス反強磁性膜の第1の平面の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、バイアス反強磁性膜の第1の平面上に茸型レジストを形成して、バイアス反強磁性膜の上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、フリー磁性層の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜する第2の工程と、更に、その上を覆うように、電極リード層膜を成膜した後、バイアス反強磁性層膜の一部が削り取られて露出するように、電極リード層膜及びバイアス反強磁性層膜の夫々の一部を削除して、削除されて露出したバイアス反強磁性層膜の上面を第1の平面、成膜時のバイアス反強磁性層膜の上面を第2の平面とする膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜及びバイアス反強磁性膜の第2の平面上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、且つ、第1の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、第2の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚と第2のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、第2のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程とを有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、磁気抵抗効果素子を構成する前記フリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、第1のバイアス反強磁性膜の上面をクリーニングした後、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、第1の平面と第2の平面との間に膜厚差による段差があるバイアス反強磁性膜を形成

する第2の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、前記第2の工程にて形成したレジストを削除した後、第1のバイアス反強磁性膜の露出した部分及び左右一対の第2のバイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、第2の工程にて形成したレジストを削除した後、第1のバイアス反強磁性膜の第1の平面の上に、茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、段差を有するバイアス反強磁性膜の上に形成された左右一対の電極リード層及びバイアス反強磁性膜の第1の平面の露出した部分の上を覆うように、キャップ層を形成する第4の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、フリー磁性層の上を覆うように第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、更に、その上を覆うようにキャップ層を成膜した後、キャップ層の上に茸型レジストを形成して、第1のバイアス反強磁性膜が露出するように、少なくともキャップ層の一部を削り取り、その上に、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成して、キャップ層に接した第1のバイアス反強磁性膜の上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、且つ、第1の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、第2の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚と第2のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、第2のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程とを有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、第2の工程にて形成されたレジストを削除した後、キャップ層の上に茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、第2の工程にて形成されたレジストを削除した後、第2のバイアス反強磁性膜及びキャップ層の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、キャップ層の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有している。

【0015】この方法によって、膜厚差による段差を有する反強磁性膜をフリー磁性層の上に形成することにより、非常に強く磁化方向を固定したい部分(フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分)に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイ



アス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分(フリー磁性層のトラック幅方向中央部)に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能な磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。つまり、左右の膜厚の大きな部分に接しているフリー磁性層は非常に強い反強磁性結合による結合磁界で結合され、一方ヘッドトラック部近傍においては、フリー磁性層は膜厚の小さい反強磁性膜に接しており、比較的小さな反強磁性結合磁界によって結合されるが、その磁化の方向は、膜厚の大きな反強磁性膜と強い反強磁性結合による結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ方向に向くことになり、非常に安定した磁化の方向が得られ、ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。更に、上面がクリーニングされた第1の反強磁性膜の上に、第2の反強磁性膜が成膜形成されるため、第1の反強磁性膜と第2の反強磁性膜の間で、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られ、フリー磁性層の磁化の方向が非常に安定した磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。また、キャップ層を形成することにより、反強磁性膜上面の酸化が防止され、耐食性も向上し、それらによる特性劣化が少ない、再生性能の優れた磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、下部シールド層と上部シールド層との間に絶縁材を介して磁気抵抗効果素子を有し、前記磁気抵抗効果素子に接して設けられた縦バイアス層と、信号電流を流すための電極リード層からなる磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、膜厚差による段差のある第1の平面と第2の平面を有するバイアス反強磁性膜とからなる構成を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項2に記載の発明は、膜厚の小さい第1の平面を構成するバイアス反強磁性膜の部分に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が  $8 \text{ kA/m}$  以下 ( $1000 \text{ e}$  以下) であることを特徴としたものであり、非常に強く磁化方向を固定したい部分(フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分)に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイアス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分(フリー磁性層のトラック幅方向中央部)に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能となる。つまり、膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接している

フリー磁性層には、強い反強磁性結合による結合磁界が得られて、その磁化の方向は非常に安定したものとなり、そのため、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が小さくても、安定して膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ磁化の方向に向き易くなり、また、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合磁界は小さいため、外部磁界即ち磁気記録媒体からの磁界によって、その磁化の方向が変化し易くなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、再生感度が高く、再生性能を安定化させることができる。また、反強磁性膜との結合磁界によってバイアス磁界をかけるため、ギャップレングスに関わらず同様の効果を有し、かつ、このバイアス磁界が固定磁性層に与える影響はなく、それによる固定磁性層の磁化の傾きも生じないため、出力波形の対称性の劣化が抑えられる。また、第一の平面の部分の反強磁性膜の膜厚を最適に選ぶことによって、反強磁性膜とフリー磁性層との結合磁界を  $8 \text{ kA/m}$  以下の強さに安定して与えることができ、再生性能の向上を図ることができるという作用を有している。

【0017】また、本発明の請求項3に記載の発明は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜した後、バイアス反強磁性層膜の一部を削除し、第1の平面を有する膜厚の小さい部分と第2の平面を有する膜厚の大きい部分とからなる段差のあるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、バイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、バイアス反強磁性膜の第1の平面の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項4に記載の発明は、請求項3の第3の工程において、バイアス反強磁性膜の第1の平面上に茸型レジストを形成して、バイアス反強磁性膜の上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項5に記載の発明は、請求項3の第2の工程及び第3の工程において、フリー磁性層の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜する第2の工程と、更に、その上を覆うように、電極リード層膜を成膜した後、バイアス反強磁性層膜の一部が削り取られて露出するように、電極リード層膜及びバイアス反強磁性層膜の夫々の一部を削除して、削除されて露出したバイアス反強磁性層膜の上面を第1の平面、成膜時のバイアス反強磁性層膜の上面を第2の平面とする膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜及びバイアス反強磁性膜



の第2の平面上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項6に記載の発明は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、且つ、第1の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、第2の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚と第2のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、第2のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項8に記載の発明は、請求項6の第3の工程において、第2の工程にて形成したレジストを削除した後、第1のバイアス反強磁性膜の露出した部分及び左右一対の第2のバイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項9に記載の発明は、請求項6の第3の工程において、第2の工程にて形成したレジストを削除した後、第1のバイアス反強磁性膜の第1の平面の上に、茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、非常に強く磁化方向を固定したい部分(フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分)に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイアス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分(フリー磁性層のトラック幅方向中央部)に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能な磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。つまり、膜厚差による段差を有する反強磁性膜をフリー磁性層の上に形成することによって、左右の膜厚の大きな部分に接しているフリー磁性層は非常に強い反強磁性結合による結合磁界で結合され、一方ヘッドトラック部近傍においてはフリー磁性層は膜厚の小さい反強磁性膜に接しており、比較的小さな反強磁性結合磁界によって結合されるが、その磁化の方向は、膜厚の大きな反強磁性膜と強い反強磁性結合による結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ方向に向くことになり、非常に安定

した磁化の方向が得られ、ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができるという作用を有している。

【0018】また、本発明の請求項7に記載の発明は、請求項6の第2の工程において、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、第1のバイアス反強磁性膜の上面をクリーニングした後、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、第1の平面と第2の平面との間に膜厚差による段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程を有することを特徴としたものであり、膜厚差による段差を有する反強磁性膜をフリー磁性層の上に形成することによって、フリー磁性層には非常に安定した磁化の方向が得られることになり、更に、上面がクリーニングされた第1の反強磁性膜の上に、第2の反強磁性膜が成膜形成されるため、第1の反強磁性膜と第2の反強磁性膜の間で、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られ、フリー磁性層の磁化の方向が非常に安定したものとなり、ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができるという作用を有している。

【0019】また、本発明の請求項10に記載の発明は、段差を有するバイアス反強磁性膜の上に形成された左右一対の電極リード層及びバイアス反強磁性膜の第1の平面の露出した部分の上を覆うように、キャップ層を形成する第4の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項11に記載の発明は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、フリー磁性層の上を覆うように第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、更に、その上を覆うようにキャップ層を成膜した後、キャップ層の上に茸型レジストを形成して、第1のバイアス反強磁性膜が露出するように、少なくともキャップ層の一部を削り取り、その上に、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成して、キャップ層に接した第1のバイアス反強磁性膜の上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、且つ、第1の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、第2の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚と第2のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、第2のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項12に記載の発明は、請求項11の第3の工程において、第2の工程にて形成されたレジストを削除

した後、キャップ層の上に茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項13に記載の発明は、請求項11の第3の工程において、第2の工程にて形成されたレジストを削除した後、第2のバイアス反強磁性膜及びキャップ層の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、キャップ層の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、膜厚差による段差を有する反強磁性膜をフリー磁性層の上に形成することによって、フリー磁性層には非常に安定した磁化の方向が得られることになり、更に、少なくともバイアス反強磁性膜の露出している部分の上に、キャップ層を成膜することによって、バイアス反強磁性膜の露出した部分の酸化を防止し、耐食性を向上させることができ、それらによる特性劣化が少なく、ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができるという作用を有している。

【0020】以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

【0021】（実施の形態1）図1及び図2は、本発明の実施の形態1の概要を示す概略説明図で、図1は磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面側から見た正面概略模式図、図2は磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面側から見た薄膜磁気ヘッドの一部の正面概略模式図である。

【0022】図1において、パーマロイ、Co系アモルファス磁性膜或いはFe系微粒子磁性膜等の軟磁性材料を素材とする下部シールド層（図示せず）の上に成膜された $Al_2O_3$ 、 $AlN$ 或いは $SiO_2$ 等の非磁性絶縁材料を用いた下部ギャップ絶縁層（図示せず）の上に、 $IrMn$ 、 $\alpha Fe_2O_4$ 、 $NiO$ 、 $FeMn$ 系合金膜、 $PtMn$ 系合金膜等の材料である反強磁性層1、 $NiFe$ 系合金膜、 $Co$ 、 $CoFe$ 合金膜等を材料とする固定磁性層2、 $Cu$ 等を材料とする非磁性層3及び固定磁性層2と同様の強磁性材料を材料とするフリー磁性層4で構成された磁気抵抗効果素子5（MR素子或いはGMR素子。以下、GMR素子と言う）が構成されている。更に、GMR素子5を構成する最上部にあるフリー磁性層4の上面に、膜厚が異なることによって第1の平面6及び第2の平面7のある段差を有し、且つ、反強磁性層1とは異種の反強磁性材料（場合によっては、酸化金属膜を用いない方がよい）を用いてバイアス反強磁性膜8が形成されている。更に、バイアス反強磁性膜8の上に、左右一対の電極リード層9が形成されている。

【0023】尚、左右一対の電極リード層9及びバイアス反強磁性膜8の露出している部分の上に、 $Ta$ 等の非磁性材料を材料としてキャップ層10を成膜し、バイアス反強磁性膜8の露出した部分の酸化を防止し、耐食性を向上させるのが好ましい。

【0024】固定磁性層2或いはフリー磁性層4の夫々に磁化の方向を付加する反強磁性層1或いはバイアス反強磁性膜8への夫々の熱処理（アニール処理）は、キャップ層10が形成された後、且つキャップ層10、電極リード層9及びバイアス反強磁性膜8が所定の形状にパターンニングされて削り取られる前に、実施するのが良い。また、固定磁性層2に磁化の方向を設定するための反強磁性層1の熱処理条件とフリー磁性層に磁化の方向を付加するためのバイアス反強磁性膜8の熱処理条件とは、磁界の強さ、熱処理温度及び熱処理時間の少なくとも1つの条件が異なるように、反強磁性層1及びバイアス反強磁性膜8の夫々の材料を選定しなければならない。

【0025】固定磁性層2は、反強磁性層1と強く反強磁性結合し、その結合磁界によって、その磁化の方向がY方向（紙面に直角の方向）に強く固定されている。他方、フリー磁性層4は、その上面にある膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜8と反強磁性結合による結合磁界によって結合され、その磁化の方向がX方向（トラック幅方向）になるように磁化されているが、バイアス反強磁性膜8の膜厚によってその反強磁性結合による結合磁界の強さが異なることになり、膜厚の小さい第1の平面6の部分のバイアス反強磁性膜8に接しているフリー磁性層4の部分と、膜厚の大きい第2の平面7の部分のバイアス反強磁性膜8に接しているフリー磁性層4の部分では、その結合磁界の強さに差が生ずる。一般的に、膜厚が大きくなるにしたがって、その結合磁界も大きくなり、或る範囲以上になれば飽和するという特性を有し、その変化特性はバイアス反強磁性膜8の材料により異なる。

【0026】図3はフリー磁性層にかかる結合磁界の強さと再生出力の関係をシミュレーションした図であり、フリー磁性層に付加された磁界の強さが非常に強い場合に比較して小さい時の方が再生出力は非常に高くなることが分かる。特に、 $8kA/m$ 以下（ $1000e$ 以下）で急激に出力が向上している。

【0027】従って、膜厚の小さい第1の平面6の部分のバイアス反強磁性膜8に接しているフリー磁性層4の部分において、バイアス反強磁性膜の第1の平面の部分の膜厚及びフリー磁性層に磁化の方向を与える熱処理条件（磁界の強さ、熱処理温度及び熱処理時間）を適当に設定し、バイアス反強磁性膜と第1の平面の部分のフリー磁性層との反強磁性結合による結合磁界が、 $8kA/m$ 以下（ $1000e$ 以下）になるようにすることによって、高い再生出力を得ることができる。

【0028】また、GMR素子5を構成する固定磁性層2が、図2（a）に示すように、反強磁性層1の上に、第1の固定磁性層膜21、非磁性層膜22、第2の固定磁性層膜23が積層成膜された構成を有している積層固定磁性層24であっても良い。この時、第1の固定磁性

層膜21及び第2の固定磁性層膜23の間に介在する非磁性層膜22の膜厚によって、その非磁性層膜22を介して対向する第1の固定磁性層膜21及び第2の固定磁性層膜23の磁化の方向が夫々同じ方向になったり、或いはお互いに逆の方向になったりする。

【0029】また、GMR素子5を構成するフリー磁性層4が、図2(b)に示すように、フリー磁性層4と同様の材料を用いて、第1のフリー磁性層膜25、第2のフリー磁性層膜26、……、第nのフリー磁性層膜27と順次積層成膜され、且つ、隣り合うフリー磁性層膜の材料はお互いに異種の材料を用いて成膜されている積層フリー磁性層28でも良いのは言うまでもない。

【0030】尚、本実施の形態1において、磁気抵抗効果素子を構成する非磁性層としてCu等の非磁性導電材を用いた所謂GMR素子について説明をしてきたが、非磁性層として $Al_2O_3$ 等の非磁性絶縁材を用いた所謂TMR素子に対しても電極リード層等の構成を変えて本発明を適用することができるのは言うまでもないことである。

【0031】以上のように本実施の形態1によれば、非常に強く磁化方向を固定したい部分(フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分)に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイアス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分(フリー磁性層のトラック幅部分)に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能となる。つまり、膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層には、強い反強磁性結合による結合磁界が得られて、その磁化の方向は非常に安定したものとなり、そのため、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が小さくても、安定して膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ磁化の方向に向き易くなり、また、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合磁界は小さいため、外部磁界即ち磁気記録媒体からの磁界によって、その磁化の方向が変化し易くなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、再生感度が高く、再生性能を安定化させることができる。また、バイアス反強磁性膜との結合磁界によってバイアス磁界をかけるため、ギャップレングスに関わらず同様の効果を有し、かつ、このバイアス磁界が固定磁性層に与える影響はなく、それによる固定磁性層の磁化の傾きも生じないため、出力波形の対称性の劣化が抑えられる。また、第一の平面の部分の反強磁性膜の膜厚を最適に選ぶことによって、反強磁性膜とフリー磁性層との結合磁界を $8\text{ kA/m}$ 以下の強さに安定して与えることができ、再生性能の向上を図ることができる。

【0032】また、積層固定磁性層にすることによって、反強磁性層との結合磁界による磁化の方向が非常に安定し、且つ、非磁性層膜の膜厚を適当な範囲で選ぶことによって、非磁性層膜を介して対向する2つの固定磁性層膜の間で、反強磁性的に強く結合させることができ、磁化の方向が強く固定され、且つ、お互いの磁化の方向が逆の方向になって端面磁荷による漏れ磁界が抑えられ、端面における磁化の方向も非常に安定したものとなる。

【0033】(実施の形態2) 図4～図11は本発明の実施の形態2を示す概略説明図であり、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造工程を説明するための工程概要説明図で、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面の近傍をヘッド摺動面に平行な面で断面にした概略断面図である。以下、図面を用いて再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を各工程順に説明する。

【0034】図4に示すように、 $AlTiC$ 等を材料とした基板40の上に成膜され、パーマロイ、Co系アモルファス磁性膜或いはFe系微粒子磁性膜等の軟磁性材料を素材とする下部シールド層41の上に $Al_2O_3$ 、 $AlN$ 或いは $SiO_2$ 等の非磁性絶縁材料を用いて下部ギャップ絶縁層42を成膜する。

【0035】次に、第1の工程として、図5(a)に示すように、下部ギャップ絶縁層42の上に、 $IrMn$ 、 $\alpha Fe_2O_3$ 、 $NiO$ 、 $FeMn$ 系合金膜、 $NiMn$ 系合金膜或いは $PtMn$ 系合金膜等の材料を用いて反強磁性層51を成膜し、更に、図5(b)に示すように、その上に、 $NiFe$ 系合金膜、Co或いは $CoFe$ 合金膜等を材料として固定磁性層52を成膜する。次に、図5(c)に示すように、固定磁性層52の上に、Cu等を材料とする非磁性層53を成膜する。更に、図5(d)に示すように、非磁性層53の上に、固定磁性層52と同様の材料を用いてフリー磁性層54を成膜し、反強磁性層51、固定磁性層52、非磁性層53及びフリー磁性層54が薄膜で順次積層成膜されたGMR素子55を形成する。

【0036】第2の工程として、図6(a)に示すように、GMR素子55の上に、GMR素子55を構成する反強磁性層51とは異種の反強磁性材料(但し、場合によっては、 $\alpha Fe_2O_3$ 、 $NiO$ 等の酸化金属材料は使わないほうが良い)を用いてバイアス反強磁性層膜61を成膜した後、図6(b)に示すように、GMR素子55及びバイアス反強磁性層膜61の略中央部即ちヘッドトラック幅を形成する部分の近傍において、フォトリソグラフィを塗布してバイアス反強磁性層膜61の一部をドライエッチング等の方法により削り取り、削り取られて膜厚が小さくなっている第1の平面62及び左右の削り取られていない膜厚の大きい第2の平面63を有する段差のある反強磁性膜64を形成する。

【0037】第3の工程として、図7(a)に示すよう

に、Cu、Cr 或いは Ta 等の非磁性材料を用いて電極リード層膜 71 を段差のあるバイアス反強磁性膜 64 の上に成膜し、図 7 (b) に示すように、バイアス反強磁性膜 64 の膜厚の小さい部分の第 1 の平面 62 の一部が露出するように、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により、少なくとも電極リード層膜 71 の一部を削り取って、左右一対の電極リード層 72 を形成する。第 4 の工程として、図 8 に示すように、左右一対の電極リード層 72 及びバイアス反強磁性膜 64 の第 1 の平面 62 の一部の露出した部分の上に、Ta 等の材料を用いてキャップ層 81 を成膜する。

【0038】次に、図示しないが、キャップ層 81、左右一対の電極リード層 72 及びバイアス反強磁性膜 64 を所定の形状にパターニングして削り取り、更に、それらの上に、下部ギャップ絶縁層 42 と同様の絶縁材料を用いて上部ギャップ絶縁層を成膜し、更に、その上に、下部シールド層 41 と同様の軟磁性材料を用いて上部シールド層を成膜形成して、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製する。

【0039】また、前述の第 1 の工程として、図 9

(a) に示すように、下部ギャップ絶縁層 42 の上に、反強磁性層 51 を成膜し、更にその上に、NiFe 系合金膜、Co 或いは CoFe 合金膜等を材料とした第 1 の固定磁性層膜 901、Ru 等の非磁性材料を用いた第 1 の非磁性層膜 902、第 1 の固定磁性層膜 901 と同様の材料を用いた第 2 の固定磁性層膜 903 を順次積層成膜して、積層固定磁性層 91 を形成し、その上に、Cu 等を材料とする非磁性層 53 及び第 1 の固定磁性層膜 901 等の材料と同様の材料を用いたフリー磁性層 54 を順次成膜して、GMR 素子 92 を形成しても良い。

【0040】また、前述の第 1 の工程として、図 9

(b) に示すように、下部ギャップ絶縁層 42 の上に、反強磁性層 51、固定磁性層 52 及び非磁性層 53 を順次成膜し、更に、その上に第 1 のフリー磁性層膜 911、第 2 のフリー磁性層膜 912、……、第 n のフリー磁性層膜 913 (n は 2 以上の正の整数) を順次積層成膜して、積層フリー磁性層 93 を形成して、GMR 素子 94 を形成しても良い。

【0041】また、第 1 の工程にて積層成膜して GMR 素子 55 を形成する装置と第 2 の工程にてバイアス反強磁性層膜 61 を成膜する装置が異なる場合には、第 2 の工程として、フリー磁性層 54 の上面を Ar 等によるブリスパッタ或いは ECR 等の方法によってクリーニングし、フリー磁性層 54 の上面の酸化膜、異物或いは汚れ等を取り除いた後、図 6 に示すように、バイアス反強磁性層膜 61 を成膜して、ドライエッチング等の方法により、バイアス反強磁性層膜 61 の一部を削り取り、膜厚差を有する段差のあるバイアス反強磁性膜 64 を形成した方が好ましい。この時、フリー磁性層 54 の上面をクリーニングすることによって、フリー磁性層 54 とバイ

アス反強磁性膜 64 との間には異物の介在がなく、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られるため、バイアス反強磁性膜 64 とフリー磁性層 54 の結合磁界の強さが低下することなく、より安定した結合磁界を得ることができる。

【0042】また、前述の第 3 の工程において、図 10 に示すように、バイアス反強磁性膜 64 の第 1 の平面 62 の上に、茸型レジスト 101 を形成して、バイアス反強磁性膜 64 の上に左右一対の電極リード層 102 を成膜形成しても良い。

【0043】また、第 2 の工程及び第 3 の工程において、第 2 の工程として、前述の第 2 の工程と同様にして図 6 (a) に示すように、フリー磁性層 54 の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜 61 を成膜した後、第 3 の工程として、図 11 (a) に示すように、更にその上を覆うように、電極リード層膜 111 を成膜し、図 11 (b) に示すように、フォトリソを塗布して、電極リード層膜 111 及びバイアス反強磁性層膜 61 の一部をドライエッチング等の方法により削り取って、中央部の膜厚が小さい第 1 の平面 112 を有し、左右に膜厚の大きい第 2 の平面 113 を有する段差のあるバイアス反強磁性膜 114 及びバイアス反強磁性膜 114 の第 2 の平面 113 の上に左右一対の電極リード層 115 を形成しても良い。尚、バイアス反強磁性層膜 61 を成膜する前に、フリー磁性層 54 の上面をクリーニングしておいても良いのは言うまでもない。

【0044】以上のように本実施の形態 2 によれば、非常に強く磁化方向を固定したい部分(フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分)に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイアス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分(フリー磁性層のトラック幅部分)に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能な磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。つまり、バイアス反強磁性膜とフリー磁性層との反強磁性結合した結合磁界は、バイアス反強磁性膜の膜厚によって変化する。即ち、バイアス反強磁性膜の膜厚が大きい程、結合磁界が大きくなり、ある程度以上の膜厚になればその結合磁界が飽和するという特性を利用して、膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜をフリー磁性層の上に形成することによって、左右の膜厚の大きな部分に接しているフリー磁性層は非常に強い結合磁界で結合され、一方ヘッドトラック部近傍においてはフリー磁性層は膜厚の小さいバイアス反強磁性膜に接しており、比較的小さな結合磁界によって結合されるが、その磁化の方向は、膜厚の大きなバイアス反強磁性膜と強い結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ方向に向くことになり、非常に安定した磁化の方向が得られることになり、

ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。また、バイアス反強磁性膜との結合磁界によってバイアス磁界をかけるため、ギャップレングスに関わらず同様の効果を有し、かつ、このバイアス磁界が固定磁性層に与える影響はなく、それによる固定磁性層の磁化の傾きも生じないため、出力波形の対称性の劣化が抑えられた磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。

【0045】尚、キャップ層を成膜することにより、バイアス反強磁性膜の露出した部分の酸化を防止し、耐食性を向上させることができる。

【0046】また、固定磁性層或いはフリー磁性層の夫々に磁化の方向を付加する反強磁性層或いはバイアス反強磁性膜への夫々の熱処理（アニール処理）は、キャップ層が形成された後、且つキャップ層、電極リード層及びバイアス反強磁性膜が所定の形状にパターンニングされて削り取られる前に、実施するのが良い。また、固定磁性層に磁化の方向を設定するための反強磁性層の熱処理条件とフリー磁性層に磁化の方向を付加するためのバイアス反強磁性膜の熱処理条件とは、磁界の強さ、熱処理温度及び熱処理時間の少なくとも1つの条件が異なるように、反強磁性層及びバイアス反強磁性膜の夫々の材料を選定しなければならない。

【0047】尚、積層固定磁性層を形成することによって、所定の方向に磁化の方向が強く固定された固定磁性層の端面磁荷による漏れ磁界を、非磁性層膜を介して形成された固定磁性層膜で打ち消すことになり、ノイズを抑えることに効果がある。

【0048】（実施の形態3）図12～図16は本発明の実施の形態3を示す概略説明図であり、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造工程を説明するための工程概要説明図で、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面の近傍をヘッド摺動面に平行な面で断面にした概略断面図である。以下、図面を用いて再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を各工程順に説明する。

【0049】前述の実施の形態2と同様にして、第1の工程として、図5（a）に示すように、下部ギャップ絶縁層42の上に、 $\text{IrMn}$ 、 $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{FeMn}$ 系合金膜、 $\text{NiMn}$ 系合金膜或いは $\text{PtMn}$ 系合金膜等の材料を用いて反強磁性層51を成膜し、更に、図5（b）に示すように、その上に、 $\text{NiFe}$ 系合金膜、 $\text{Co}$ 或いは $\text{CoFe}$ 合金膜等を材料として固定磁性層52を成膜する。次に、図5（c）に示すように、固定磁性層52の上に、 $\text{Cu}$ 等を材料とする非磁性層53を成膜する。更に、図5（d）に示すように、非磁性層53の上に、固定磁性層52と同様の材料を用いてフリー磁性層54を成膜し、反強磁性層51、固定磁性層52、非磁性層53及びフリー磁性層54が薄膜で順次積層成膜されたGMR素子55を形成する。

【0050】第2の工程として、図12（a）に示すよ

うに、GMR素子55の上に、GMR素子55を構成する反強磁性層51とは異種の反強磁性材料（但し、場合によっては、 $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{NiO}$ 等の酸化金属材料は使わないほうが良い）を用いて第1のバイアス反強磁性膜121を成膜する。次に、図12（b）に示すように、茸型レジスト122を形成して、第1のバイアス反強磁性膜121の上に、第1のバイアス反強磁性膜121と同様の反強磁性材料を用いて左右一對の第2のバイアス反強磁性膜123を成膜形成し、第1のバイアス反強磁性膜121の上面である第1の平面124とその第1のバイアス反強磁性膜121の上に形成された第2のバイアス反強磁性膜123の上面である第2の平面125を有し、第1の平面部ではその膜厚は第1のバイアス反強磁性膜121の膜厚そのものであり、第2の平面部では第1のバイアス反強磁性膜121と第2のバイアス反強磁性膜123の夫々の膜厚の和であり、膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜126を形成することができる。ここで、第1のバイアス反強磁性膜121及び第2のバイアス反強磁性膜123の材料は、フリー磁性層54に磁化の方向を付加するための熱処理条件（加える磁界の強さ、熱処理温度及び熱処理時間）が固定磁性層52に磁化の方向を付加するための反強磁性層51の熱処理条件と少なくとも1つの条件において異なるように選ばなければならない。また、第1のバイアス反強磁性膜121と第2のバイアス反強磁性膜123の材料は、第2の反強磁性膜123を形成することによりフリー磁性層との結合磁界が大きくなるのであれば異種の反強磁性材料であっても良く、この時、第1のバイアス反強磁性膜121と第2のバイアス反強磁性膜123に適した条件で熱処理を実施することが必要になる。

【0051】第3の工程として、図13に示すように、茸型レジスト122を利用して、左右一對の第2のバイアス反強磁性膜123の上に、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Cr}$ 或いは $\text{Ta}$ 等の非磁性材料を用いて左右一對の電極リード層131を成膜形成する。

【0052】第4の工程として、図14に示すように、左右一對の電極リード層131及び第1のバイアス反強磁性膜121の露出した部分の上に、 $\text{Ta}$ 等の材料を用いてキャップ層141を成膜する。

【0053】次に、図示しないが、キャップ層141、左右一對の電極リード層131及びバイアス反強磁性膜126を所定の形状にパターンニングして削り取り、更に、それらの上に、下部ギャップ絶縁層42と同様の絶縁材料を用いて上部ギャップ絶縁層を成膜し、更に、その上に、下部シールド層41と同様の軟磁性材料を用いて上部シールド層を成膜形成して、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製する。

【0054】尚、前述の実施の形態2の第1の工程の他の例と同様にして、積層固定磁性層或いは積層フリー磁性層を形成して、GMR素子を形成することができるの



は言うまでもない。

【0055】また、第2の工程の他の一例として、図12(b)に示すように、茸型レジスト122を形成して、第1のバイアス反強磁性膜121の上面をAr等によるプリスパッタ或いはECR等の方法によってクリーニングし、第1のバイアス反強磁性膜121の表面の酸化膜、レジストの残滓、異物或いは汚れ等を取り除いた後、第1のバイアス反強磁性膜121の上に、第1のバイアス反強磁性膜121と同様の反強磁性材料を用いて左右一對の第2のバイアス反強磁性膜123を成膜形成することにより、第1のバイアス反強磁性膜121と第2のバイアス反強磁性膜123との間には異物の介在がなく、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られるため、バイアス反強磁性膜とフリー磁性層の結合磁界の強さが低下することなく、より安定した結合磁界を得ることができる。

【0056】また、第2の工程の他の例として、前述の実施の形態2の第2の工程の他の例と同じように、第2の工程における第1のバイアス反強磁性層膜61を成膜する装置が第1の工程におけるGMR素子55を形成する装置と異なるときは、フリー磁性層54の上面をAr等によるプリスパッタ或いはECR等の方法によってクリーニングし、フリー磁性層54の表面の酸化膜、レジストの残滓、異物或いは汚れ等を取り除いた後、図12に示す第2の工程と同じようにして、クリーニングされたフリー磁性層54の上を覆うように第1のバイアス反強磁性膜121を成膜し、その上に茸型レジスト122を形成して、左右一對の第2のバイアス反強磁性膜123を成膜形成した方がよい。前述の実施の形態2と同様に、バイアス反強磁性膜とフリー磁性層の結合磁界の強さが低下することなく、より安定した結合磁界を得ることができる。

【0057】また、第3の工程の他の一例として、第2の工程で形成した茸型レジストを削除した後、図15

(a)に示すように、左右一對の第2のバイアス反強磁性膜123及び第1のバイアス反強磁性膜121の露出した部分の上を覆うように、電極リード層膜151を成膜し、図15(b)に示すように、第1のバイアス反強磁性膜121の第1の平面124の一部が露出するように、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により、少なくとも電極リード層膜151の一部を削除して、左右一對の電極リード層152を形成してもよい。

【0058】また、第3の工程の他の例として、第2の工程で形成した茸型レジストを削除した後、図16に示すように、第1のバイアス反強磁性膜121の上に、別の茸型レジスト161を形成して、左右一對の電極リード層162を成膜形成してもよい。

【0059】以上のように本実施の形態3によれば、前述の実施の形態2と同様に、膜厚の大きなバイアス反強

磁性膜に接しているフリー磁性層は非常に強い結合磁界によりバイアス反強磁性膜と反強磁性結合し、膜厚の小さいバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の磁化の方向は、膜厚の大きなバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層と同じ磁化の方向に安定して向くことになり、非常に安定した磁化の方向が得られ、また、上面がクリーニングされた第1の反強磁性膜の上に、第2の反強磁性膜を成膜形成することによって、第1の反強磁性膜と第2の反強磁性膜の間で、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られ、膜厚の大きな反強磁性膜と強い反強磁性結合による結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向が非常に安定したものとなり、ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。また、バイアス反強磁性膜との結合磁界によってバイアス磁界をかけるため、ギャップレングスに関わらず同様の効果を有し、かつ、このバイアス磁界が固定磁性層に与える影響はなく、それによる固定磁性層の磁化の傾きも生じないため、出力波形の対称性の劣化が抑えられた磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。

【0060】尚、前述の実施の形態2～実施の形態3において、固定磁性層及びフリー磁性層に夫々所定の方向に磁化の方向を付加する熱処理は、第4の工程として、キャップ層が成膜された後、且つ、キャップ層、電極リード層、バイアス反強磁性膜及びGMR素子が所定の形状にパターンニングされて削り取られる前に、実施するのが好ましい。ここで、固定磁性層に磁化の方向を付加する反強磁性層への熱処理条件（磁界の強さ、処理温度及び処理時間）と、フリー磁性層に磁化の方向を付加するバイアス反強磁性膜への熱処理条件は少なくとも1つの条件項目が異なるように、夫々固定磁性層に接する反強磁性層及びフリー磁性層に接するバイアス反強磁性膜の材料を選ばねばならないのは言うまでもない。

【0061】（実施の形態4）図17～図20は、本発明の実施の形態4を示す概略説明図であり、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造工程を説明するための工程概要説明図で、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面の近傍をヘッド摺動面に平行な面で断面にした概略断面図である。以下、図面を用いて再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を各工程順に説明する。

【0062】前述の実施の形態2の第1の工程と同じようにして、図5に示されるように、反強磁性層51、固定磁性層52、非磁性層53及びフリー磁性層54が順次積層成膜されたGMR素子55を形成する。

【0063】第2の工程として、図17(a)に示すように、GMR素子55の最上部にあるフリー磁性層54の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜171を成膜し、更にその上に、キャップ層172を成膜する。次に、図17(b)に示すように、キャップ層172の上に茸型レジスト173を形成して、第1のバイアス反

強磁性膜171の表面が左右に露出するように、キャップ層172を削り取り、図17(c)に示すように、その上に、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜174を成膜形成して、膜厚の異なる段差を有する反強磁性膜175を形成する。

【0064】第3の工程として、図18に示すように、茸型レジスト173を利用して、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜174の上に、Cu、Cr或いはTa等の非磁性材料を用いて左右一対の電極リード層181を成膜形成する。

【0065】それ以降の工程は、前述の実施の形態2と同じである。

【0066】尚、前述の実施の形態2の第1の工程の他の例と同様にして、積層固定磁性層或いは積層フリー磁性層を形成しても良いことは言うまでもない。

【0067】また、第2の工程の他の一例として、前述の実施の形態3の第2の工程の他の一例と同じように、図17(b)に示すように、キャップ層172の上に茸型レジスト173を形成して、第1のバイアス反強磁性膜171の表面が左右に露出するように、キャップ層172を削り取り、別の装置を用いて第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成する場合には、露出した第1のバイアス反強磁性膜171の上面をAr等によるプリスパッタ或いはECR等の方法によってクリーニングし、第1のバイアス反強磁性膜171の表面の酸化膜、レジストの残滓、異物或いは汚れ等を取り除いた後、第1のバイアス反強磁性膜171の上に、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜174を成膜形成して、膜厚の異なる段差を有する反強磁性膜175を形成した方が好ましい。上面がクリーニングされた第1の反強磁性膜の上に、第2の反強磁性膜を成膜形成することによって、第1の反強磁性膜と第2の反強磁性膜の間で、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られ、膜厚の大きな反強磁性膜と強い反強磁性結合による結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向が非常に安定したものとなる。

【0068】また、第2の工程における第1のバイアス反強磁性層膜171を成膜する装置が第1の工程におけるGMR素子55を形成する装置と異なる場合は、第2の工程の他の一例として、前述の実施の形態3の第2の工程の他の例と同じように、フリー磁性層54の上面をAr等によるプリスパッタ或いはECR等の方法によってクリーニングし、フリー磁性層54の表面の酸化膜、レジストの残滓、異物或いは汚れ等を取り除いた後、図17に示す第2の工程と同じようにして、クリーニングされたフリー磁性層54の上を覆うように第1のバイアス反強磁性膜171を成膜し、更にその上に、キャップ層172を成膜して、その上に茸型レジスト173を形成して、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜174を成膜形成した方が良い。この時、フリー磁性層54の上

面をクリーニングすることによって、フリー磁性層54と第1のバイアス反強磁性膜171の間には異物の介在がなく、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られるため、バイアス反強磁性膜とフリー磁性層の結合磁界の強さが低下することなく、より安定した結合磁界を得ることができる。

【0069】また、第3の工程の他の一例として、第2の工程で形成された茸型レジストを削除した後、図19に示すように、第2のバイアス反強磁性膜174及び露出しているキャップ層172の上を覆うように、電極リード層膜191を成膜し、その後、キャップ層172の一部が露出するように、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により電極リード層膜191を削り取り、左右一対の電極リード層192を形成しても良い。また、電極リード層を削り取った後、バイアス反強磁性膜171を削らないようにキャップ層172の材料を選択することも可能である。

【0070】また、第3の工程の他の例として、第2の工程で形成された茸型レジストを削除した後、図20に示すように、キャップ層172の上に、別の茸型レジスト201を形成して、左右一対の電極リード層202を形成しても良い。

【0071】尚、固定磁性層及びフリー磁性層に夫々所定の方向に磁化の方向を付加するための反強磁性層及びバイアス反強磁性膜への夫々の熱処理は、キャップ層が成膜された後、且つ、バイアス反強磁性膜及びGMR素子が所定の形状にパターニングされて削り取られる前に、実施するのが好ましい。ここで、固定磁性層に磁化の方向を付加するための反強磁性層への熱処理条件（磁界、処理温度及び処理時間）と、フリー磁性層に磁化の方向を付加するためのバイアス反強磁性膜への熱処理条件は少なくとも1つの条件項目が異なるように、夫々固定磁性層に接する反強磁性層及びフリー磁性層に接するバイアス反強磁性膜の材料を選ばねばならないのは言うまでもない。

【0072】以上のように本実施の形態4によれば、前述の前述の実施の形態2及び実施の形態3と同様に、膜厚の大きなバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の非常に強い反強磁性結合により、膜厚の小さいバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の磁化の方向は、膜厚の大きなバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層と同じ磁化の方向に向き易くなることになり、非常に安定した磁化の方向が得られ、また、上面がクリーニングされた第1の反強磁性膜の上に、第2の反強磁性膜を成膜形成することによって、第1の反強磁性膜と第2の反強磁性膜の間で、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られ、膜厚の大きな反強磁性膜と強い反強磁性結合による結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向が非常に安定したものとなり、また、本製造方法によって第1の反強磁性膜の上にキャッ

ブ層を設けることによって、バイアス反強磁性膜が露出する時間を大幅に削減できるため、バイアス反強磁性膜の特性劣化を抑えることができ、バルクハウゼンノイズの少ない、再生感度の高い、優れた再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。

#### 【0073】

【発明の効果】以上のように本発明は、反強磁性膜に接している軟磁性膜の結合磁界は、反強磁性膜の膜厚が大きければ大きくなり、ある範囲以上になれば略飽和するという特性を利用して、GMR素子のフリー磁性層の上に、ヘッドトラックを構成する部分の近傍では膜厚が小さく、ヘッドトラック近傍以外は膜厚が大きくなるように段差を有するバイアス反強磁性膜を設けることによって、膜厚の大きな部分のバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分は、バイアス反強磁性膜と反強磁性結合して非常に強い結合磁界で結合され、その磁化の方向は非常に安定したものとなり、そのため膜厚の小さい部分のバイアス反強磁性膜に接している部分のフリー磁性層は小さい結合磁界でも、安定して膜厚の大きいバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の磁化方向と同じ方向に向き易く安定した磁化の方向が得られ、また、膜厚の小さい部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合磁界が小さいため、磁気記録媒体からの磁界によって磁化の方向が変化し易くなり、バルクハウゼンノイズが小さく、再生感度が高い等の再生性能を向上できるという効果が、再生ギャップレングスに関わらず得られる。また、そのような優れた再生性能を有する磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドが作製できるという効果を有している。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1を示す薄膜磁気ヘッドの正面概略模式図

【図2】本発明の実施の形態1の他の例を示す薄膜磁気ヘッドの一部の正面概略模式図

【図3】本発明の実施の形態1を説明するためのフリー磁性層に付加された層間結合磁界の強さと再生出力の関係を示すグラフ

【図4】本発明の実施の形態2を説明する薄膜磁気ヘッドの製造工程の一部の工程を示す概略説明図

【図5】本発明の実施の形態2における第1の工程を示す概略説明図

【図6】本発明の実施の形態2における第2の工程を示す概略説明図

【図7】本発明の実施の形態2における第3の工程を示す概略説明図

【図8】本発明の実施の形態2における第4の工程を示す概略説明図

【図9】本発明の実施の形態2における第1の工程の他の例を示す概略説明図

【図10】本発明の実施の形態2における第3の工程の

他の一例を示す概略説明図

【図11】本発明の実施の形態2における第3の工程の他の例を示す概略説明図

【図12】本発明の実施の形態3における第2の工程を示す概略説明図

【図13】本発明の実施の形態3における第3の工程を示す概略説明図

【図14】本発明の実施の形態3における第4の工程を示す概略説明図

【図15】本発明の実施の形態3における第3の工程の他の例を示す概略説明図

【図16】本発明の実施の形態3における第3の工程の他の例を示す概略説明図

【図17】本発明の実施の形態4における第2の工程を示す概略説明図

【図18】本発明の実施の形態4における第3の工程を示す概略説明図

【図19】本発明の実施の形態4における第3の工程の他の一例を示す概略説明図

【図20】本発明の実施の形態4における第3の工程の他の例を示す概略説明図

【図21】従来の薄膜磁気ヘッドを示す斜視概略図

【図22】従来の薄膜磁気ヘッドを示す正面概略模式図

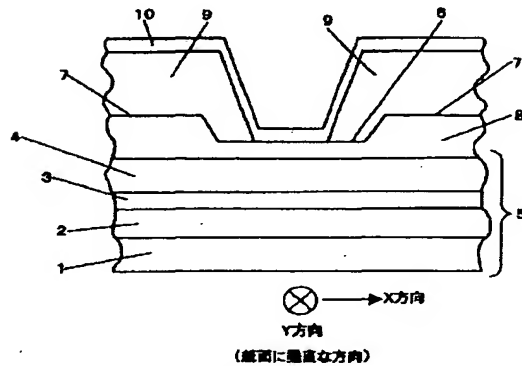
- 【符号の説明】
- 1、51、224 反強磁性層
  - 2、52、225 固定磁性層
  - 3、53、226 非磁性層
  - 4、54、227 フリー磁性層
  - 5、55、92、94、213 磁気抵抗効果素子（GMR素子）
  - 6、62、112、124 第1の平面
  - 7、63、113、125 第2の平面
  - 8、64、114、126、175 バイアス反強磁性膜
  - 9、72、102、115、131、152、162、181、192、202、215 電極リード層
  - 10、81、141、172、228 キャップ層
  - 40 基板
  - 41、211 下部シールド層
  - 42、212 下部ギャップ絶縁層
  - 61 バイアス反強磁性層膜
  - 71、111、151、191 電極リード層膜
  - 91 積層固定磁性層
  - 93 積層フリー磁性層
  - 101、122、161、163、201 茸型レジスト
  - 121、171 第1のバイアス反強磁性膜
  - 123、174 第2のバイアス反強磁性膜
  - 214 縦バイアス層
  - 216 上部ギャップ絶縁層



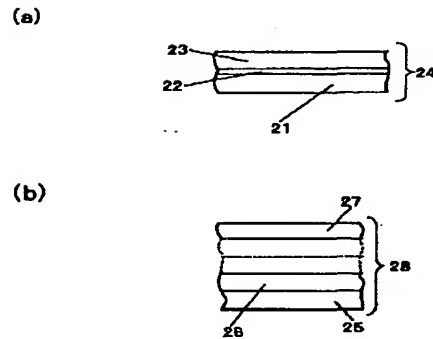
- 217 上部シールド層  
 218 再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド  
 220 記録用誘導型薄膜磁気ヘッド  
 221 記録ギャップ層  
 222 上部磁極  
 223 巻線コイル  
 229 再生ヘッドギャップレングス

- 901 第1の固定磁性層膜  
 902 第1の非磁性層膜  
 903 第2の固定磁性層膜  
 911 第1のフリー磁性層膜  
 912 第2のフリー磁性層膜  
 913 第nのフリー磁性層膜

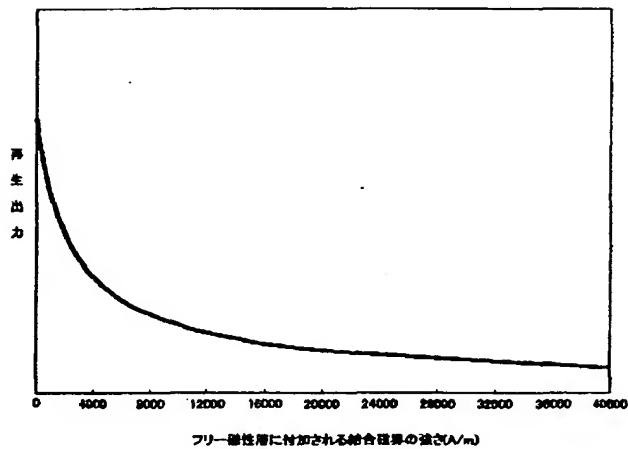
【図1】



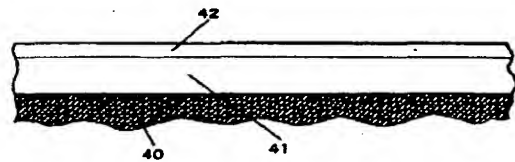
【図2】



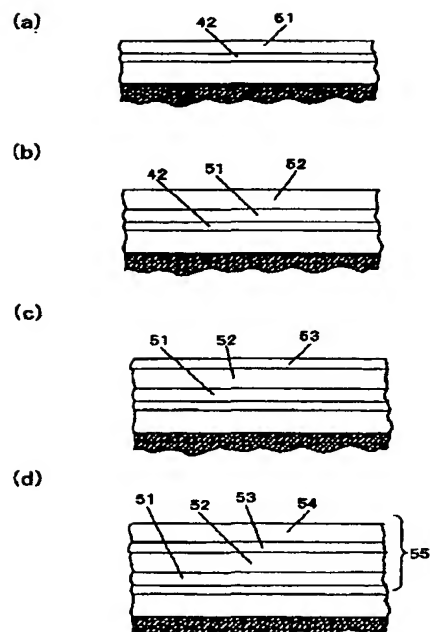
【図3】



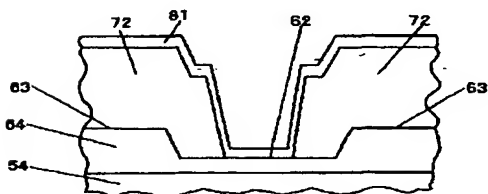
【図4】



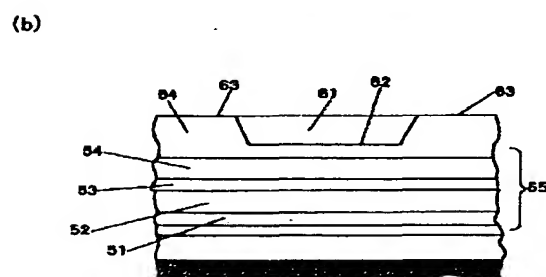
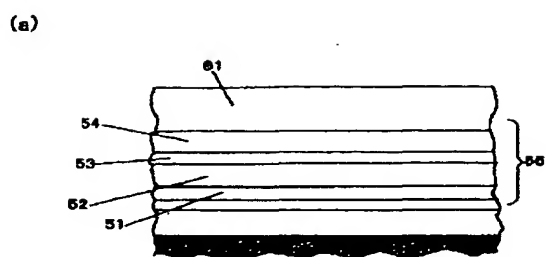
【図5】



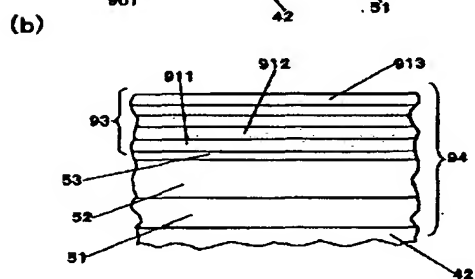
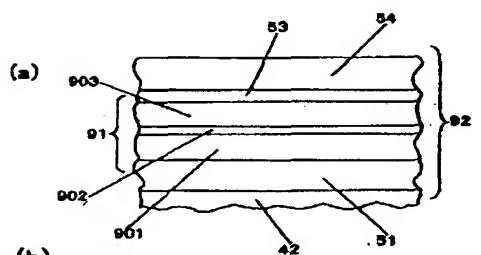
【図8】



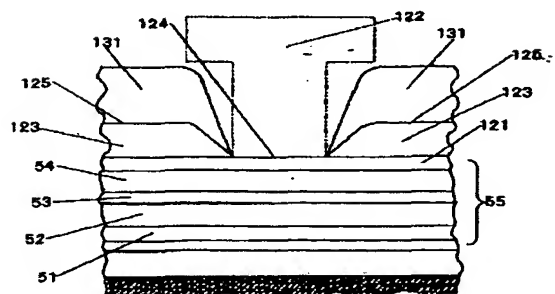
【圖6】



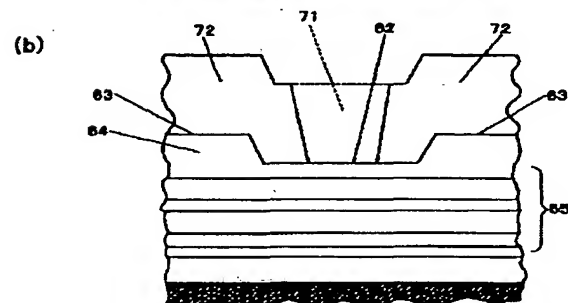
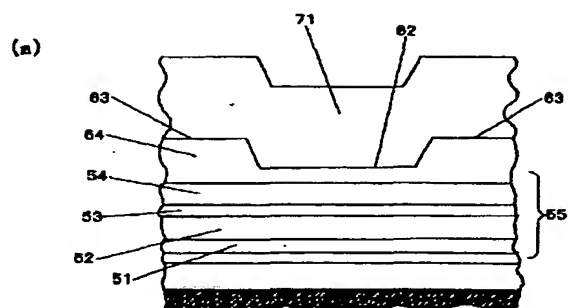
【图9】



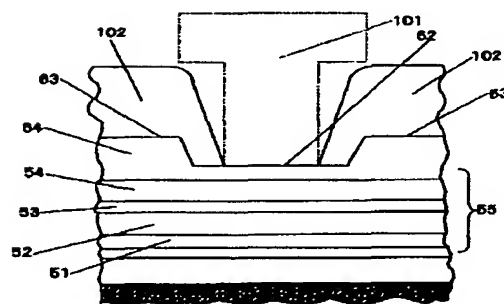
【图 13】



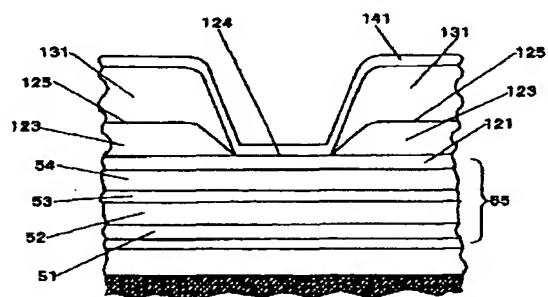
【図7】



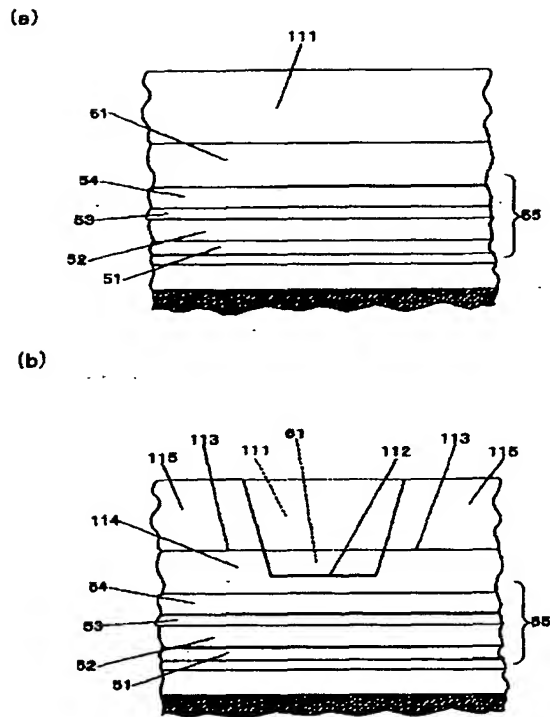
【圖 10】



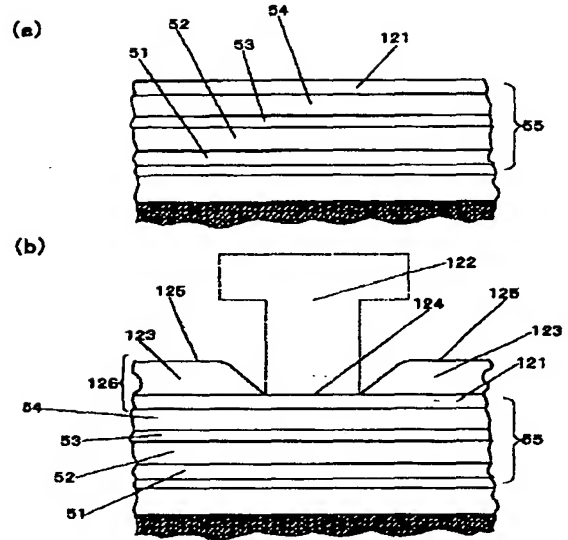
【图 14】



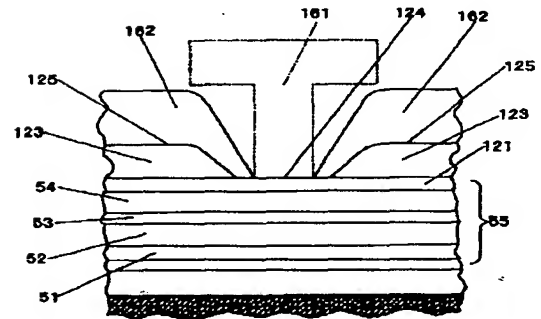
【図 11】



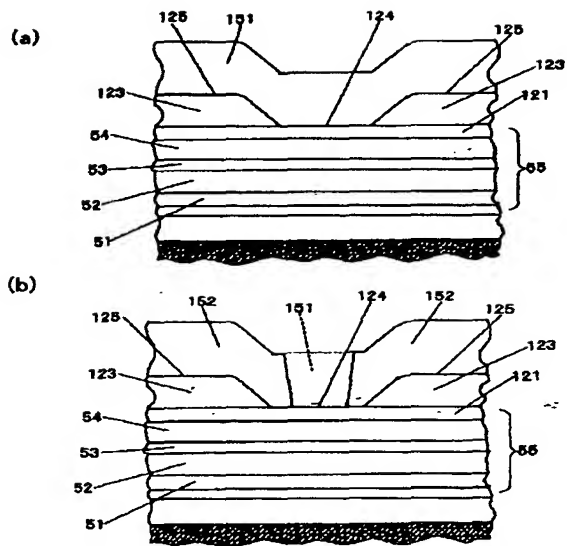
【図 12】



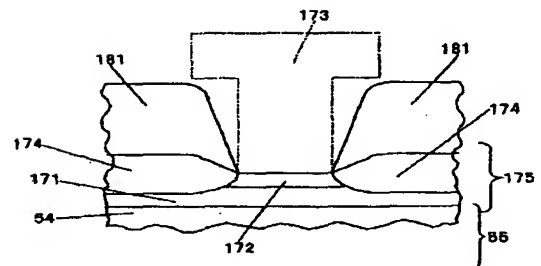
【図 16】



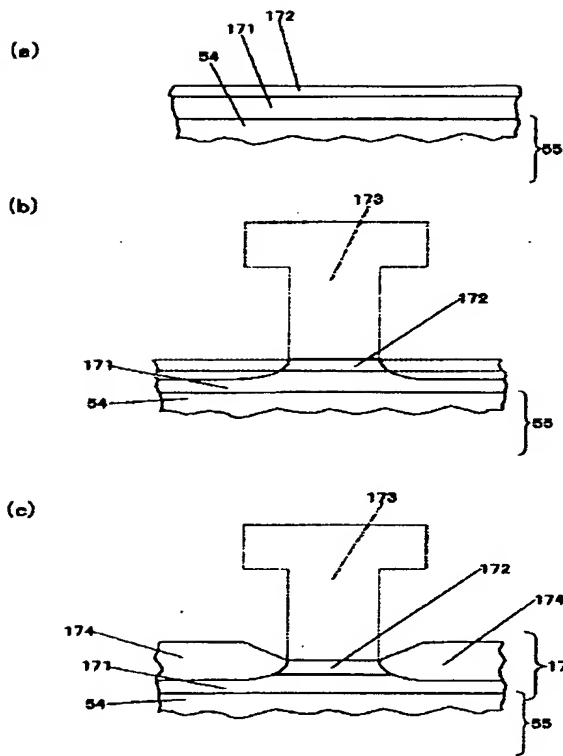
【図 15】



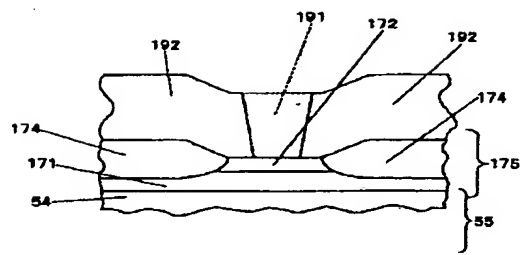
【図 18】



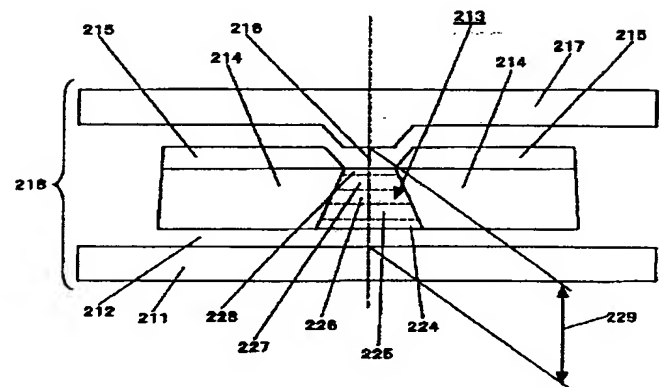
【図17】



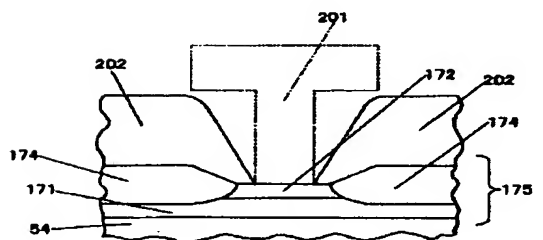
【図19】



【図22】



【図20】



【図21】

